www.radio.ru

9•2015

РАДИО

АУДИО•ВИДЕО•СВЯЗЬ•ЭЛЕКТРОНИКА•КОМПЬЮТЕРЫ

Три фазы — из одной

- *АС с круговой диаграммой направленности*
- *Головные электростатические телефоны*
- *Устройство управления микродрелью*
- *Ваттметр-счётчик электроэнергии для электровелосипеда*

...и ещё 15 конструкций

9
2015

Соревнуются "охотники на лис"

Игорь ГРИГОРЬЕВ (RV3DA), г. Коломна Московской обл.

В июле в городском округе Домодедово состоялся чемпионат России по спортивной радиопеленгации. Вот уже третий год подряд на подмосковной земле в середине лета собираются сильнейшие "охотники", чтобы выяснить, кто сильнейший в группе спортивных дисциплин "спортивная радиопеленгация", включающей в себя "классические" забеги на диапазонах 144 МГц и 3,5 МГц, а также радиоориентирование и спринт.

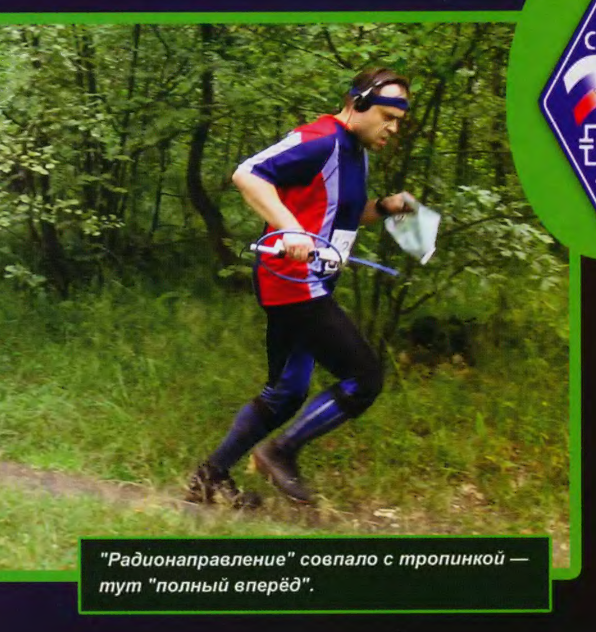
В этом году на чемпионат России собрались 96 спортсменов из 13 республик, краёв и областей России. Параллельно с чемпионатом проводились всероссийские соревнования для юниоров и соревнования Союза радиолюбителей России для ветеранов радиоспорта и чемпионат ДОСААФ России. Поэтому диапазон возрастов спортсменов составлял от 18 до 72 лет.

Дружная команда — организаторы чемпионата и судьи.

Центром соревнований стала Кутузовская специальная (коррекционная) общеобразовательная школа-интернат. На территории школы проводили тренировки спортсменов, их знакомство с передатчиками, которые предстояло искать в лесу в ходе соревнований на следующий день. Там же находились комната судейской коллегии, площадка для торжественного открытия и закрытия соревнований и награждения победителей, ну, и, конечно же, спальный корпус и столовая.

Победили сильнейшие. По итогам соревнований была сформирована сборная команда России для участия в XX чемпионате Европы (IARU-Region 1) по спортивной радиопеленгации, который в этом году будет проходить в Чехии.

На пьедестале почёта чемпионата России победители забега по радиоориентированию. Первое место — Екатерина Санникова (Пензенская область), второе место — Ирина Платонова (Ленинградская область), третье место — Татьяна Овчинникова (Пензенская область).



"Радионаправление" совпало с тропинкой — тут "полный вперёд".

Последняя отметка — финиширует Татьяна Суворкина (Санкт-Петербург).

НОВЫЕ ЦИФРОВЫЕ ОСЦИЛЛОГРАФЫ АКТАКОМ СЕРИИ ADS-2000T

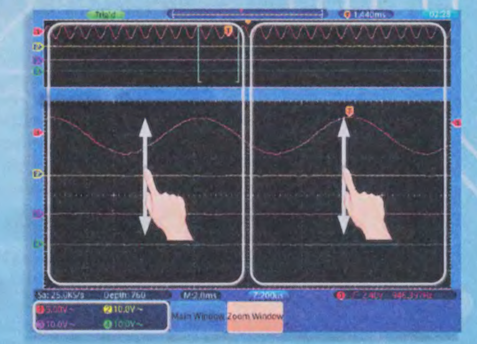
15 ЛЕТ АКТАКОМ

www.aktakom.ru www.aktakom.com

- ✓ Первый настольный осциллограф Актаком с Touch-screen дисплеем
- ✓ 4 канала!
- ✓ Максимальная полоса до 200 МГц
- ✓ Большая глубина записи
- ✓ Высокая скорость захвата осциллограмм
- ✓ Курсорные и автоматические измерения
- ✓ Интерфейсы для связи с ПК
- ✓ Дружественный экранный интерфейс

Удобство и простота TouchScreen управления

- Выбор элемента меню
- Управление вертикальной позицией нулевой линии для каждого канала
- Управление вертикальной позицией уровня запуска для каждого канала
- Управление горизонтальной позицией точки запуска для каждого канала
- Изменение коэффициента развертки
- Изменение коэффициента вертикального отклонения
- Операции в режиме зуммирования окна
- Операции с курсорами
- Выбор автоматических измерений и другие



	ADS-2074T	ADS-2114T	ADS-2124T	ADS-2224T
Количество каналов	4			
Полоса пропускания	70 МГц	100 МГц	100 МГц	200 МГц
Максимальная дискретизация	1 Гвыб/с	1 Гвыб/с	2 Гвыб/с	2 Гвыб/с
Максимальная память	7,6 М точек			
Горизонтальная развертка	2 нс/дел…100 с/дел			
Вертикальное отклонение	2 мВ/дел…10 В/дел			
Тип запуска	фронт, импульс, видео, скорость нарастания			
Интерфейсы	USB host, USB device, VGA, LAN, AUX			

ЭЛИКС, 115211, г. Москва, Каширское шоссе, д. 57, к. 5.
Тел./факс: (495) 781-49-69 (многоканальный)
Web: www.eliks.ru; E-mail: eliks@eliks.ru

БОЛЬШЕ ИНФОРМАЦИИ НА **www.eliks.ru**

В НОМЕРЕ:

На нашей обложке. Три фазы — из одной (см. статью на с. 42).

ЧИТАЙТЕ В СЛЕДУЮЩЕМ НОМЕРЕ:

РАДИОПРИЁМНИК PL-660 И ЕГО ДОРАБОТКА
СИСТЕМА ВИЗУАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ARDUINO
ТАНЦЕВАЛЬНАЯ ПЛАТФОРМА
АВИАМОДЕЛЬНЫЙ ТАХОМЕТР

Тираж журнала «Радио» № 8 сдан для рассылки подписчикам 04.08.2015 г.

Издается с 1924 года

РАДИО®

9•2015
МАССОВЫЙ ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

"Радиолюбитель"—"Радиофронт"—"Радио"

"Radio" is monthly publication on audio, video, computers, home electronics and telecommunication

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ: ЗАО «ЖУРНАЛ «РАДИО»

Зарегистрирован Министерством печати и информации РФ 01 июля 1992 г.
Регистрационный ПИ № ФС77-50754

Адрес редакции: 107045, Москва, Селиверстов пер., 10, стр. 1
Тел.: (495) 607-31-18. Факс: (495) 608-77-13
E-mail: **ref@radio.ru**
Группа работы с письмами — (495) 607-08-48
Отдел рекламы — (495) 608-99-45, e-mail: **advert@radio.ru**
Распространение — (495) 608-81-79; e-mail: **sale@radio.ru**
Подписка и продажа — (495) 607-77-28
Бухгалтерия — (495) 607-87-39

Наши платёжные реквизиты:
получатель — ЗАО "Журнал "Радио", ИНН 7708023424,
р/сч. 40702810438090103159
Банк получателя — ОАО "Сбербанк России" г. Москва
корр. счет 30101810400000000225 БИК 044525225
Подписано к печати 18.08.2015 г. Формат 60×84 1/8. Печать офсетная.
Объём 8 физ. печ. л., 4 бум. л., 10,5 уч.-изд. л.
В розницу — цена договорная
Подписной индекс:
по каталогу «Роспечати» — 70772;
по Объединённому каталогу «Пресса России» — 89032;
по каталогу Российской прессы ПОЧТА РОССИИ — 61972.

Отпечатано в ЗАО «ПОЛИГРАФИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС «ЭКСТРА М», 143400, Московская обл., Красногорский р-н, а/м «Балтия», 23 км.
Зак. 15-08-00246.

Виртуальный Телеком

А. ГОЛЫШКО, канд. техн. наук, г. Москва

"Да, они знали кое-какие заклинания, умели превращать воду в вино, и каждый из них не затруднился бы накормить пятью хлебами тысячу человек. Но магами они были не поэтому. Это была шелуха, внешнее. Они были магами потому, что очень много знали, так много, что количество перешло у них, наконец, в качество, и они стали с миром в другие отношения, нежели обычные люди".

А. и Б. Стругацкие. "Понедельник начинается в субботу"

Кто-то хорошо сказал, что любое развитие технологии похоже на магию. Казалось бы, наконец-то пришли в ИКТ-отрасль так называемые "сети следующего поколения" (NGN — Next Generation Networks), основанные на принципе коммутации пакетов и IP-протоколе, способные предоставлять потенциально любые услуги связи. Такими сетями было проще управлять, они изначально были мультисервисными (т. е. "заточенными" под предоставление любых услуг связи — передачу в любых сочетаниях голоса, видео, данных), и в них было проще вводить дополнительные сервисы с помощью соответствующих сервисных платформ. В свою очередь, серверы, на которых располагались сервисные платформы, постепенно переместились в "облака", они же центры обработки данных (ЦОД), гарантирующие высокую надёжность множества входящих в них серверов. Как раз в текущем году исполняется 20 лет термину "интернет-телефония" и появлению первого шлюза из телефонной сети общего пользования в Интернет. Помнится, это вызвало определённое смятение в рядах действовавших на тот момент "зубров" рынка (как операторов, так и производителей оборудования), которые почувствовали появление серьёзных конкурентов.

Предчувствие "зубров" не обмануло, и всего лишь через пять лет отраслевое сообщество начало всерьёз обсуждать смену концепции в построении цифровых сетей связи, базирующуюся на пакетных решениях и IP-протоколе и имеющую конечную цель в виде "всё поверх IP". Соответственно разработчиками всей этой новой ИКТ-экосистемы являлись уже не связисты, а ИТ-специалисты. Ну а поскольку со временем поверх IP пошло действительно всё, тем самым и совершилась технологическая конвергенция коммуникационных и информационных технологий. Многое с тех пор стало проще, но проблемы, однако, остались.

Сети связи наполнились всевозможными сервисами, пальму первенства среди которых занимает доступ к социальным сетям. Своего рода знаковым событием в ИКТ-отрасли стало появление iPhone, с которого началось стремительное наступление смартфонов, а потом и планшетов, каждый из которых представлял собой по меркам 80—90-х годов чуть ли не суперкомпьютер. В ответ миллионы и миллионы пользователей мобильной связи внесли свой посильный вклад в серьёзный рост видеотрафика поверх IP. И по прогнозам, именно он будет занимать до 70 % в общем объёме мирового трафика. Впрочем, традиционные телезрители тоже никуда не делись, и многие из них успели воспользоваться новыми возможностями интернет-телевидения, которое пришло к ним вслед за интернет-радио через "настоящий" широкополосный доступ (ШПД). Сегодня через ШПД к пользователям могут доставляться любые услуги и сервисы, и такая возможность получила название ОТТ (Over-The-Top).

Как и ранее, в случае с интернет-телефонией, ОТТ вызвал раздражение компаний, поверх сетей которых к их абонентам стали "приходить" сторонние поставщики сервиса вроде Skype, Viber или WhatsApp Messenger. Все эти кросс-платформенные приложения (в том числе и для смартфонов) позволяют обмениваться текстовыми, голосовыми или

видеосообщениями, и при этом не платить оператору, который предоставляет доступ в Интернет. А глава Facebook'а Марк Цукерберг вообще обещает воссоздать в своей социальной сети все существующие услуги связи. Поэтому указанное раздражение имеет под собой основание и было недавно продемонстрировано на самом высоком уровне в Барселоне во время Мобильного Конгресса (MWC-2015), когда четыре крупнейших мировых оператора призвали регуляторов рынка (правда, пока безуспешно) привести к единому знаменателю взаимоотношения с поставщиками ОТТ-сервисов и операторами связи. Кстати, наиболее динамичные операторы начали внедрять собственные ОТТ-сервисы, чтобы хотя бы быть в тренде.

Собственно с развитием ШПД все сервисы превращаются в "облачные", когда в "облаке" может быть сгенерировано всё — от виртуальной АТС до виртуальной видеоплатформы, и от простого приложения до целого виртуального предприятия с виртуальными рабочими местами, бизнес-процессами и инфраструктурой. Для всего этого, с точки зрения инфраструктуры, достаточно иметь высокоскоростной канал ШПД к ЦОДу, в котором современные ИТ-гении разместят свои сервисные платформы. В качестве иллюстрации растущей популярности "облачных" решений можно привести недавнее исследование J'son & Partners Consulting, констатировавшее, что за прошлый год отечественный рынок виртуальных АТС вырос в денежном выражении на 57 % по сравнению с 2013 г. и составил 3,85 млрд руб. И в самом деле, зачем устанавливать у себя какое-то телефонное "железо" и обслуживать его, если достаточно всего лишь IP-телефонов, подключённых через маршрутизатор и ШПД к ЦОДу?

Развивающаяся виртуализация компьютерных сетей, систем хранения информации и ЦОДов привела к революции в способах ведения бизнеса, управления контентом и подключения систем третьих сторон. Идёт процесс конвергенции внутренних и внешних ИТ-систем во имя достижения наивысшей коммуникации и прозрачности.

Развитие набирающего силу Интернета вещей (IoT — Internet of Things) — ещё один тренд развития современной ИКТ-отрасли, грозящий оперировать многими миллиардами подключённых устройств, что как минимум усложнит взаимодействие операторов с этой новой "абонентской базой". А вслед за IoT на горизонте уже появился Всеобъемлющий Интернет (IoE — Internet of Everything) с ещё бóльшим охватом планеты и происходящих на ней процессов.

Программирование традиционных сетей с их дорогим и сложным оборудованием зачастую требует много затрат. С широким распространением таких трендов, как мобильные вычисления, большие данные, социальные сети и "облака", отраслевые специалисты ищут пути, чтобы сделать свою сетевую инфраструктуру более динамичной, масштабируемой и отзывчивой на быстро меняющиеся потребности персонала и клиентов. И если постараться взглянуть на всю формирующуюся на наших глазах сетевую инфраструктуру, то мы увидим множество подключённых реальных и виртуальных устройств с самыми необычными параметрами и сложными соотношениями между загружаемым в сеть и выгружаемым из сети трафиком. Причём трафиком колоссального объёма (ожидается, что объём будет расти в геометрической прогрессии), требующего соответствующих мощностей для обработки разнообразным оборудованием, из которого эта сеть состоит. Поэтому каждая современная мультисервисная сеть связи неизбежно превращается в "узкое горлышко" для сгенерированного в ней трафика не только из-за его растущего объёма, но и из-за его неравномерности. Необходимость в ресурсах сети динамично меняется в зависимости от времени суток, крупных событий, деловой активности и т. д. Со стороны конечных пользователей постоянно растут требования к качеству контента, меняется характер его потребления и генерации, поэтому нужны новые подходы к передаче и управлению потоками разнородного трафика.

С самого начала в процессе цифровизации телекома все сетевые устройства неуклонно превращались в простые или несколько более сложные компьютеры, будь то цифровая АТС, маршрутизатор, сервер доступа или смартфон. Правда, у каждого из этих "компьютеров" были свой производитель и своё индивидуальное программное обеспечение (ПО), которое гарантировало совместимость с другими сетевыми устройствами по стандартным протоколам. Но и только. Всё остальное в части систем сетевого управления и управления бизнесом, адаптации сервисных платформ или даже простой замены оборудования одного производителя на оборудование другого было изначально неэффективным, хотя и возможным.

Любимая "игра" любого поставщика — сделать даже в самом стандартизованном оборудовании что-нибудь своё, частное, чтобы покрепче привязать к себе будущего клиента. Поэтому отнюдь не всегда можно "выдернуть" из сети какое-нибудь устройство, заменив его на продукцию другого поставщика. И, кстати, далеко не факт, что она будет легко поддерживаться уже установленной у вас системой сетевого управления.

Любимая "игра" любого крупного сетевого оператора — никогда не давать одному поставщику захватить своим оборудованием слишком большой кусок сети. Пусть даже придётся ставить несколько систем управления и пытаться как-то их объединять. Пусть всё будет не так гибко и не так функционально, но зато "я не кладу все яйца в одну корзину".

И следует понимать, что играть в эти "игры" все они никогда не перестанут. И потому наличие нестандартных элементов в сетях связи, а также в системах обработки и хранения данных в условиях быстрого роста инфраструктуры сетей и ЦОДов вместе с клиентской базой и растущим трафиком — это не что иное, как своего рода быстро приближающийся тупик всей современной ИКТ-отрасли. Сложность и пропускная способность сетей связи растут экспоненциально, при этом доходы, получаемые с одного абонента, неуклонно снижаются, потому что конкурентная среда претерпела радикальные изменения с появлением ОТТ-игроков, и у операторов возникает необходимость применения новых технологий связи и смены бизнес-моделей. В частности, технологии "облачных" вычислений открывают перед операторами новые возможности и дают основу для трансформации сети.

Неудивительно, что сеть будущего, скорее всего, будет иметь "облачную" архитектуру, центром которой станет ЦОД. Давно известна возможность превращения стандартного компьютерного "железа" во что-то более полезное с помощью соответствующего ПО. Формирование в одном компьютере сразу нескольких виртуальных машин тоже давно известно. И если у вас вместо компьютера есть ЦОД или целая группа ЦОДов в виде "облачной" гряды , на их компьютерных ресурсах вполне можно "нарисовать" любую виртуальную сеть связи с различными функциональными элементами и заодно подключить к ней какие-нибудь "нарисованные" сервисные платформы. Содержащиеся в этих ЦОДах "озёра данных" (Data Lakes — появился уже и такой термин) позволят сформировать любые сервисы для любого человека, который может получить к ним доступ. Останется лишь попросить у связистов организовать каналы ШПД к конечным пользователям. Растущая производительность типовых серверов также способствовала развитию виртуализации. И если раньше высокую производительность и доступность сетевых функций могло обеспечить только специализированное оборудование, сегодня типовые серверы предоставляют достаточно высокую надёжность, что и позволяет "разворачивать" виртуальные машины для поддержки отдельных виртуализованных сетевых функций, присущих тому или иному сетевому элементу. И на одном физическом сервере может быть развёрнуто достаточно много таких виртуальных элементов (функций).

Всё вышесказанное является предпосылками к появлению новой парадигмы виртуализации сетевых функций (Network Functions Virtualization — NFV). Кроме того, развитие технологий NFV стало своего рода ответом на приход на рынок телеком-услуг таких традиционных поставщиков "облачных" сервисов, как Google, Yahoo или Facebook. Операторы восприняли концепцию NFV как фундаментальное и экономически эффективное изменение сетевой архитектуры. Кроме того, использование NFV даёт возможность операторам связи динамично подстраивать свои сервисы под меняющиеся потребности рынка, расширять спектр услуг, быстро внедряя новые функции на типовом оборудовании.

Основная идея NFV заключается в том, чтобы уметь оперативно задействовать и перераспределять сетевые

мощности, применяя при этом типовое коммерческое оборудование. В случае сбоя на одной из виртуальных машин сеть автоматически меняет конфигурацию, обеспечивая надёжную работу сервисов. При этом необходимость человеческого участия в сетях NFV в сравнении с традиционными архитектурами значительно ниже и появляется больше возможностей для удалённого администрирования. Поскольку внедрение новых сервисов, мониторинг производительности, экстренное восстановление сети проходят с гораздо более высокой степенью автоматизации, это помогает сокращать операционные расходы. И как только идея NFV овладела производителями, сетевыми "облачными художниками" стали практически все крупные ИТ-поставщики, от производителей сервисных платформ до поставщиков систем хранения данных (СХД). Они превратились в поставщиков телекоммуникационного оборудования, пусть и виртуального. Так, в очередной раз ИТ-специалисты ещё глубже залезли в огород связистов, заменив своей магией виртуализации реальное "железо".

В то время как сетевая виртуализация — это новое отраслевое "решение", физическим "механизмом" этого решения являются программно-определяемые сети (SDN — Software Defined Network), о которых уже рассказывалось на страницах журнала. Напомним, что технология SDN позволяет реализовать сеть связи дешевле и проще в управлении за счёт основной идеи: уровни управления сетью и передачи данных в ней разделяются, а "надсетевой" SDN-контроллер может управлять посредством открытого протокола openflow любой "разношёрстной" сетью (оборудованием разных поставщиков), реализуя в ней любые сценарии. Платформа SDN позволяет собирать приложения и технологии как детали конструктора и помогает им взаимодействовать. Такой подход позволяет достигать высокого коэффициента доступности, надёжности и простоты развёртывания.

Исторически сетевые устройства всегда пытались сбалансировать два противоположных тренда — простоту эксплуатации и настройку под конкретного клиента. Поскольку каждый производитель обычно использует разные элементы для настройки, сеть получалась довольно сложной. Зато с помощью SDN оператор сможет модифицировать сеть в полном соответствии с собственными нуждами и нуждами своих клиентов, а также понимать, где в сети есть проблемы с качеством. В компьютерной индустрии такое поведение считается само собой разумеющимся. Теперь этот же тип мышления приходит и в телеком.

Раз уж могут быть программно-определяемые сети, то почему бы и ЦОДам не быть такими. И они появились — SD-DC (Software Defined Data Center). Концепция SD-DC предусматривает абстрагирование от аппаратной части всех компонентов ЦОДа, что делает реальным предоставление абсолютно любых ИТ-ресурсов, как настраиваемых услуг по требованию. Появляются и программно-определяемые хранилища данных (SDS — Software Defined Storage).

Внедряя "облачные" технологии виртуализации сетевых функций, телекомоператоры становятся более конкурентоспособными в условиях, когда быстро растёт рынок OTT-сервисов. Иначе операторам будет сложно выживать, поскольку операционные расходы будут расти, а срок вывода на рынок новых сервисов будет слишком велик. Абоненты же в конечном итоге сделают выбор в пользу оператора с современными услугами, динамично подстраивающимися под их потребности, богатой функциональностью и доступной ценой, чем в пользу поставщика какого-нибудь одного сервиса. Следует заметить, что, помимо всего прочего, в случае использования NFV пользователи получают возможности для самостоятельного управления ассортиментом используемых сетевых приложений, могут вносить изменения, выбирать новые сервисы и сетевые функции. Это особенно ценится корпоративными клиентами. Появляются новые возможности взаимодействия платформ, сервисов, устройств.

Целая группа компаний-производителей — Ericsson, IBM, Cisco Systems, AT&T, Hewlett-Packard и China Mobile — запустила в конце сентября 2014 г. проект OPNFV (Open Networking Foundation) с целью разработки эталонной архитектуры на базе свободного кода, призванной ускорить внедрение NFV на предприятиях и в ЦОДах сервис-провайдеров. С этого времени число участников проекта, которому покровительствует Linux Foundation, выросло до 44 и в него вошли такие вендоры, как Dell, Red Hat, Brocade, Intel, Juniper Networks, Huawei, ARM, Alcatel-Lucent, Sprint и Broadcom. Совсем недавно к OPNFV присоединились Midokura, Sonus Networks, Array Networks и Ooredoo.

Многие крупнейшие операторы уже приняли стратегии по внедрению SDN и NFV. В частности, компания Telefonica начала переход на эти технологии, чтобы повысить доход от цифровых сервисов с 5 % в 2013 г. до 10 % в 2016 г. и сократить расходы за тот же период на 1,5 млрд евро. Deutche Telekom планирует внедрить SDN, чтобы к 2020 г. объединить все свои ресурсы в единую сеть с централизованной системой сетевого управления и общими возможностями резервирования, а также перейти с многоуровневой архитектуры сети на двухуровневую. Компания AT&T планирует к 2020 г. виртуализировать 75 % сети. К концу 2014 г. 40 % стратегически значимых приложений этого оператора были перенесены в "облако". В компании была запущена масштабная программа по переподготовке специалистов, работавших с "железом". Сейчас уже более двух тысяч таких сотрудников прошли тренинги по программированию, чтобы продолжить работать в компании.

Интерес производителей к SDN и NFV вполне понятен. С одной стороны, эти технологии перспективны в плане запросов конечных пользователей. В выпущенном в конце прошлого года отчёте Infonetics Research прогнозируется, что глобальный рынок операторского оборудования и ПО на базе SDN и NFV вырастет с менее 500 млн долл. в 2013 г. до более 11 млрд долл. в 2018 г., причём основную часть будущих прибылей принесёт именно NFV. Но это, очевидно, лишь начало.

В 2014 г. правительство РФ включило SDN и NFV в перечень приоритетных направлений развития науки и техники. По данным прошлогоднего опроса J'son & Partners Consulting, более 70 % российских операторов изучают и анализируют возможности SDN и NFV, при этом более 50 % уже тестируют эти технологии. Более 70 % опрошенных основным драйвером возможных внедрений называют сокращение сроков модернизации сети, для двух третей ключевую роль играет перспектива снижения операционных расходов.

Опрос CNews Analytics, проведённый в июне 2015 г., показал, что широкое внедрение SDN и NFV в России пока сдерживается нехваткой примеров успешных проектов, проблемами сертификации и совместимости решений, недостаточным числом применимых на практике приложений. Имеющийся ресурс сетей ещё не выработан, поэтому компании-операторы не спешат их реформировать.

Всё вышесказанное свидетельствует о том, что новые технологии виртуализации позволяют преобразовать приложения, серверы и сети в некие программные абстракции, и этот процесс преобразования может серьёзно изменить лицо телекома. Когда-нибудь все сети связи смогут стать полностью технологически однородными, а весь будущий Телеком — это просто ИКТ-услуга, получаемая поверх компьютеров, расставленных по сети или сгруппированных в ЦОДах, мало отличимой от сети Интернет. Разумеется, в руках связистов по-прежнему останутся сети доступа и высокоскоростные транспортные сети, соединяющие ЦОДы. Но и только. Впрочем, сначала всё-таки должна была "созреть" технологическая основа для тотальной сетевой виртуализации и прочих превращений. Полный переход к "облачным" вычислениям означает трансформацию сегодняшних "островков виртуализации" в полностью взаимосвязанные "облачные" системы. В этих условиях ИТ-инфраструктура корпоративных клиентов и поставщиков услуг должна быть открытой и интегрированной, чего ранее никогда не наблюдалось, несмотря на все прошлые стандарты, обещания и прогнозы поставщиков оборудования и ПО.

Таким образом, значительная часть современного телекома находится на пути превращения в виртуальную реальность, а наступившая эпоха трансформации способов управления этим телекомом вполне может быть представлена как Век Упрощения Коммуникаций (хотя и осуществляемая на самом деле на базе усложнения технологий). Одновременно управление ИКТ-сетями и ИТ-платформами становится столь абстрагированным от собственно техники, что заниматься этим далее будут самые простые люди — бизнесмены, продавцы, маркетологи, финансисты и просто граждане, отдающие простые команды вроде "хочу такой-то

сервис" или "сделайте мне вот такую сеть". Дальнейшее проникновение ИКТ-отрасли во все стороны жизни будет требовать максимально простого управления сетями, услугами и приложениями. И уже не только связисты, но и ИТ-специалисты будут не очень-то и нужны для эксплуатации таких систем. Вернее, не в том количестве.

Зато возрастёт спрос на специалистов, разрабатывающих новые применения решений виртуализации. К примеру, основные усилия направлены отнюдь не только на оперирование неимоверно сложными процессами и многими миллиардами устройств, но и на кардинальное упрощение входного языка. Надо научиться управлять голосом или жестом, и тогда, к примеру, виртуальный телеком станет доступен каждому. Путём эффективного использования Интернета (в частности, IoE), "облачных" вычислений и больших объёмов данных человечество сможет использовать интеллект людей и машин по всему миру для создания нового всеобщего интеллекта, управляющего не только сетями связи, который, возможно, будет общаться с людьми, как общаются с ними в фантастических сагах космические корабли. В том числе и для создания объёмных моделей-дублей самих людей. Сегодня это кажется нам магией, но, быть может, в не столь отдалённом будущем главным для нас будет не ошибиться в собеседнике.

Акустические системы с круговой диаграммой направленности излучения (АС пространственного поля)

В. КОСТИН, г. Москва

Руководитель фирмы "Валанкон", один из инициаторов проведения и активный участник выставки "Российский Hi-End", рассказывает в статье об особенностях акустических систем с круговой диаграммой направленности, а также о вариантах их конструкции.

Основная задача электроакустического звуковоспроизведения (в самом идеализированном варианте) — обеспечить соответствие вторичного звукового поля в месте прослушивания первичному в месте, где происходит само действие. Находясь на улице, в лесу, в поле или в любом другом месте, прислушавшись, мы совершенно свободно можем локализовать источники этих звуков со всех сторон. Большинство источников звуков в окружающем нас мире близки к точечным (в сравнении с длиной волн звуковых колебаний). От этих источников исходит динамически меняющийся спектр частот и, в зависимости от местоположения источника звука над уровнем пола или земли, формируется полусферическая или сферическая волна. Возможно, мне возразят, приведя пример колеблющейся струны, но давайте возьмём электрогитару, на которой звукосниматель размещён ближе к концу струн. Вроде должны быть только высокие частоты, но звукосниматель передаёт широкий спектр частот. С каждого участка струны можно снять практически весь спектр частот колебаний.

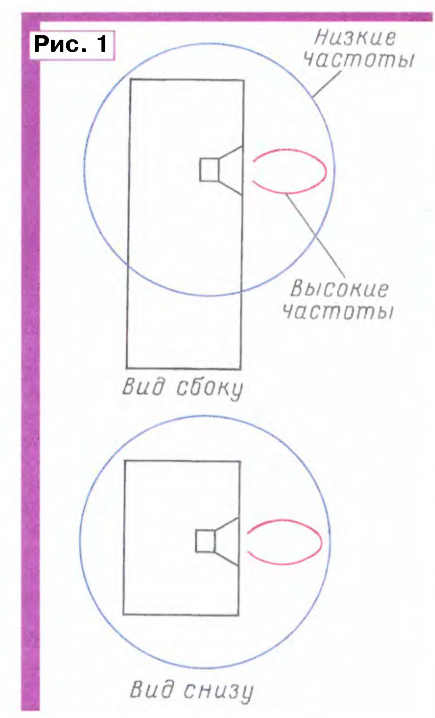
Мысленно представим себе следующий эксперимент: в стене комнаты без окон на расстоянии, например, 2 м вырезаны два выходящих на улицу отверстия диаметром, равным диффузору громкоговорителя. Таким образом, мы получим эквивалент акустической системы, обладающей разной диаграммой направленности для различных частот, причём для высоких частот диаграмма будет у́же. Мы сидим в комнате и стараемся понять, что происходит на улице. А теперь выйдем на улицу — звуки будут окружать нас.

Именно к воссозданию пространственного звукового поля и направлены усилия разработчиков акустических систем пространственного поля (АСПП). Большинство существующих систем — векторные, т. е. направленного излучения хотя бы в части полосы звуковых частот.

Задача озвучивания помещения состоит в том, чтобы наполнить его равномерным звуковым полем (давлением) во всех его точках без максимумов и провалов. Представим такой эксперимент — зеркальная комната, и её надо равномерно осветить. Если мы возьмём фонари направленного света (векторные излучатели), то получим отдельные лучи света, отражённые от зеркальных стен, будут максимумы и провалы. Если мы возьмём ненаправленную матовую лампу (или две разнесённые лампы), то получим заполненное более равномерно светом помещение. Из этого эксперимента мы получим вывод: менее направленное излучение звука от АС создаёт более равномерное звуковое поле.

Применяемые динамические головки, как источники звука, не позволяют воспроизвести весь слышимый диапазон частот без заметных искажений.

Рис. 1



Для решения этой проблемы выпускают полосовые головки, оптимизированные для своей полосы частот. Таким образом, АС состоят из нескольких головок, разнесённых на передней панели громкоговорителей, и на каждую из полосовых головок подаётся только часть спектра звукового сигнала, причём каждая из этих головок имеет свою диаграмму направленности.

В многополосных АС с разнесёнными динамическими головками существуют некоторые проблемы: разное время задержки сигналов в полосах из-за задержки в фильтрах кроссовера, нето-

чечность излучения спектра звука, что приводит к смещению диаграммы направленности в области разделения полос. Различная диаграмма направленности полосовых излучателей, в зависимости от места размещения слушателей, приводит к тембральной окраске звучания музыкальных инструментов.

Вывод: вторичное звуковое поле принципиально не может соответствовать первичному — **рис. 1**. Возникает неизбежный вопрос — что делать?

Сначала немного истории. В 1898 г. Оливером Лоджем изобретён динамический громкоговоритель, конструкция которого в основном сохранилась до сих пор. В 1948 г. на Лондонском "Радио-шоу" был представлен первый громкоговоритель "DualConcentric" фирмы Tannoy, это первый двухполосный коаксиальный излучатель, эквивалентный точечному.

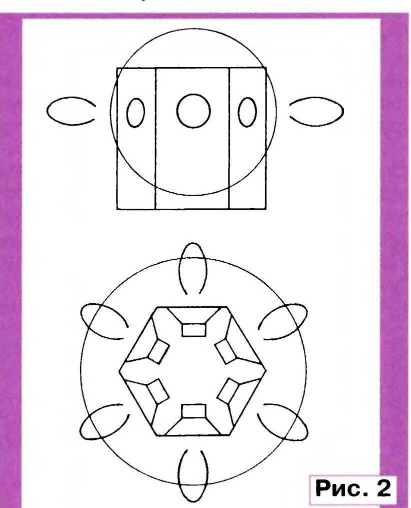


Рис. 2

Это действительно был прорыв, который сохраняет свои преимущества до настоящего времени, однако у коаксиального громкоговорителя с рупорным высокочастотным излучателем очень невелика область комфортного прослушивания из-за обострения направленности с ростом частоты сигнала. В коаксиальной конструкции высокочастотный излучатель находится в вершине конуса низкочастотного излучателя, который выполняет функцию подвижного(!) рупора, влияя на тембральную окраску в зависимости от положения слушателя.

Следующий шаг к созданию АСПП сделал инженер В. И. Шоров. Разработанная им акустическая система 30АС103П выпускалась заводом "Янтарь" и была описана в [1]. Это двухполосная АС, где две динамические головки установлены в горизонтальной плоскости и направлены каждая на свой рассеивающий конус, переводя векторное излучение в скалярное (ненаправленное). Так как высокочастотный излучатель (головка) установлен над низкочастотным, то абсолютно точечного источника мы не получаем, но в горизонтальной плоскости получается источник с круговой диаграммой направленности.

Ещё одним шагом к созданию точечного всенаправленного (точнее, с диаграммой излучения) источника звука явилась конструкция (**рис. 2**), предложенная Ю. Грибановым и А. Клячиным.

В ней на шести гранях корпуса АС установлены шесть пар головок. Эту АС нельзя назвать АСПП, так как присутствует векторная составляющая излучения. Но она является точечным всенаправленным источником звука. Есть ещё один недостаток: одинаковый сигнал излучается несколькими головками и невозможно добиться их синхронной работы и идентичности параметров. Это может приводить к потере тончайших нюансов звучания фонограммы.

Более полно идеологии АСПП соответствует так называемая контрапертурная АС (**рис. 3**), предложенная А. Виноградовым и А. Гайдаровым.

Создаётся виртуальный точечный всенаправленный источник звукового давления в полной полосе ЗЧ. Вертикальная составляющая звуковой волны

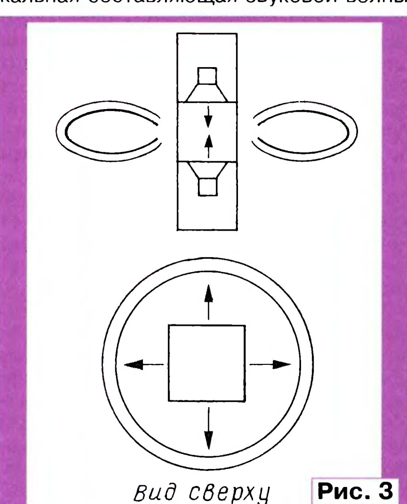


Рис. 3

несколько подавлена. Но мы опять возвращаемся к той же проблеме, что и в предыдущем случае, — не получается абсолютно симметричной структуры. На высоких частотах звуковые волны, излучаемые двумя головками, могут не совпадать по фазе, и возникшая интерференция приведёт к искажению исходного тембра. Искажения, конечно, меньше, чем в предыдущем способе (меньше головок), но проблема остаётся. Есть ещё одна проблема, связанная с подобной конструкцией. Использование двух широкополосных головок не всегда позволяет воспроизвести необходимый диапазон частот, даже если использовать коаксиальные (двухполосные). Необходимую трёхполосность в такой структуре реализовать не представляется возможным.

Принцип работы третьего типа АСПП легко понять из конструкции, условно изображённой на **рис. 4**. Исключение половины комплекта громкоговорителей контрапертурной АС позволяет избежать свойственных ей недостатков. Здесь также излучаются звуковые волны с круговой диаграммой направленности во всём диапазоне частот.

В настоящее время наша фирма, имеющая ряд патентов на подобные АС, выпускает АСПП по двум структурам. Двухполосные, изготовленные по **рис. 5**, выпускаются в трёх объёмах: 5, 10 и 40 л для бытового использования в жилых комнатах. Для небольших кинозалов выпускается специальная АСПП мощностью 1000 Вт, обеспечивающая высокое звуковое давление. Структура АСПП, изображённая на **рис. 6**, реализует трёхполосный принцип разделения спектра, что существенно упрощает проблему подбора головок. Среди изделий фирмы есть и АСПП с объёмом корпуса 70 л, она рассчитана на высококачественное воспроизведение стереофонических фонограмм.

Если говорить об особенностях АСПП, то в сравнении с АС прямого излучения можно предположить некоторое ослабление атаки в звучании инструментов, так как звук излучается во все стороны, а не направленно на слушателей.

Но что даёт использование подобных АС в реальных помещениях? Создаётся ровное пространственное зву-

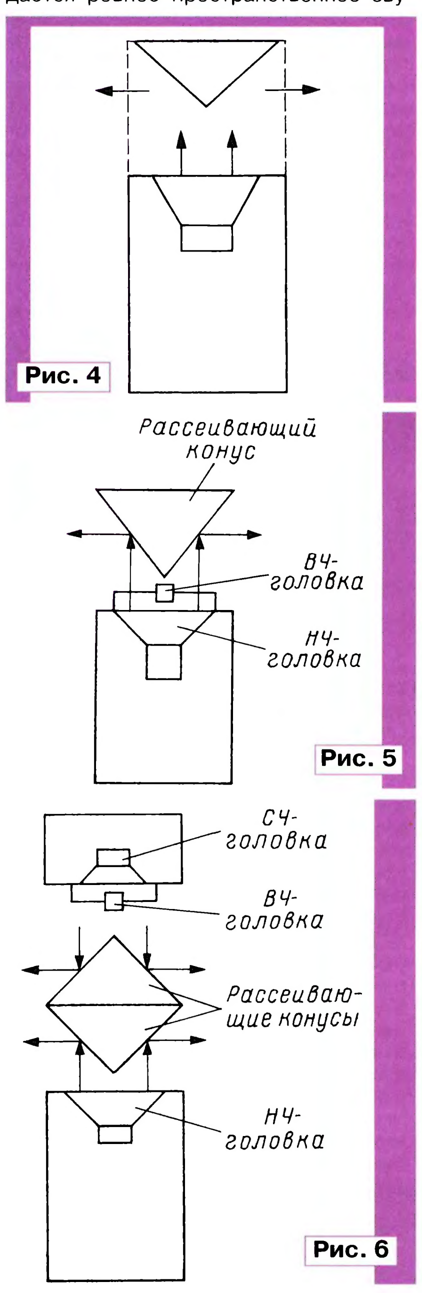


Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6

ковое поле — где бы вы ни находились, везде звук тембрально одинаков. Стоите вы перед АС или сбоку — звук не меняется, вас окружает однородное звуковое поле. Получается очень комфортное озвучивание больших площадей: необыкновенное ощущение комфортности и эмоциональной вовлечённости создают среду, недостижимую с обычными АС. Показанные здесь три типа АСПП не исчерпывают всего многообразия различных вариантов.

Утверждать однозначно, что какой-то звук лучше или хуже другого при превышении некоего порога качества, в значительной степени бессмысленно: восприятие — это область эмоций, а они разные, поэтому есть множество усилителей и акустических систем. Но что однозначно — этот звук ближе к окружающему нас естественному *(эти эффекты достигаются в многоканальных системах пространственного звучания. —* **Ред.**).

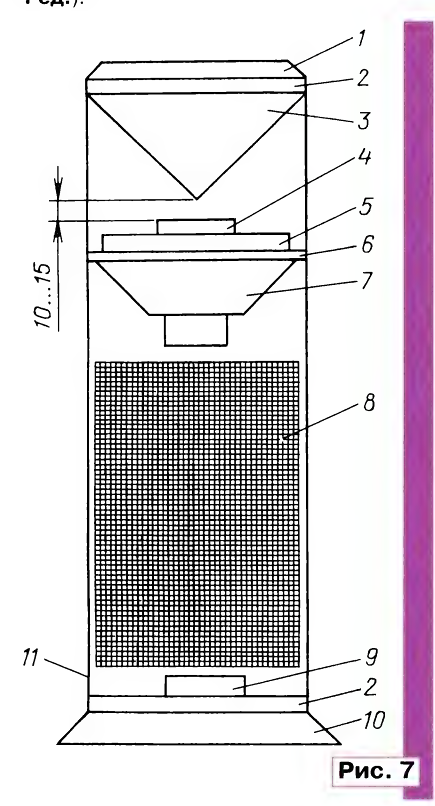


Рис. 7

В качестве примера рассмотрим выпускаемую нашей фирмой акустическую систему АС200. Эта система изготавливается в настольном и подвесном варианте с применением динамических головок, выпускаемых ООО "Лаборатория АСА" [2]. Мы используем в качестве НЧ-головки модель B1602.8, а в качестве ВЧ-головки — T252.4. На **рис. 7** приведён упрощённый чертёж АС.

Подобная вертикальная конструкция АС позволяет использовать в качестве корпуса трубу, что выгодно отличает её от стандартных кубических корпусов. В качестве корпуса 11 (**рис. 8**) выбрана пластиковая труба ПВХ 200×4,9×2000, используемая, в частности, в канализационных системах. Одной трубы длиной 2 м достаточно для двух АС. Кольца 1, 2, 6, 10 изготавливают из МДФ толщиной 16 мм. На **рис. 9** приведён чертёж деталей 2, 6. Детали крепят к корпусу потайными саморезами 3×19 мм (3—4 шт.). На деталь 2, установленную в нижней части корпуса, крепится фильтр 9, она имеет отверстие для вывода сигнального провода. Деталь 6, на которой установлены динамические головки, крепится в корпусе 11 с условием, что верхняя плоскость кольца установлена заподлицо с нижним краем окон корпуса 11. Для прокладки провода, идущего к ВЧ-головке 4, в одно из крепёжных отверстий НЧ-головки 5 не устанавливают саморез, а пропускают провод на ВЧ-головку, которую закрепляют любым способом (на бонках, на конструкции, спаянной из медной проволоки диаметром 1...1,5 мм) и фиксируют саморезами, которые крепят НЧ-головку. Основное требование — это обеспечение необходимого зазора между диффузором ВЧ-головки и рассеивающим конусом 3. Конус, показанный на **рис. 10**, можно изготовить из МДФ или толстого пластика. Для придания жёсткости пластиковый конус можно запенить.

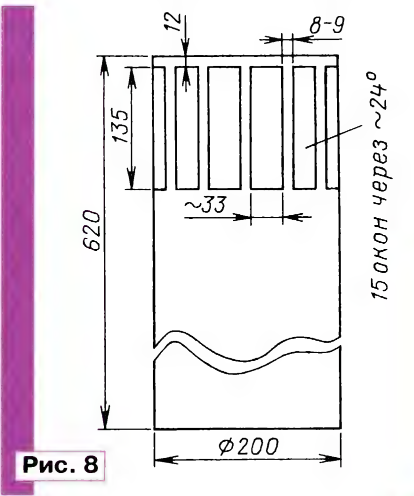


Рис. 8

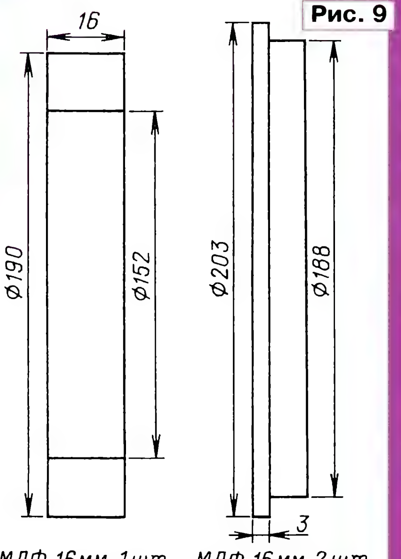


Рис. 9

Желательна глянцевая, лакированная поверхность конуса для уменьшения потерь на высоких частотах. Конус фиксируется на детали 2 с помощью клея.

В качестве звукопоглотителя используется тонкий синтепон, который набивают плотно; критерием плотности набивки является отсутствие бубнения в низкочастотном регистре. Можно попробовать насыпать слой толщиной 5...10 см мелкого активированного угля, который обязательно сверху закрыть синтепоном.

Детали 1 и 10 определяют внешний вид, их можно покрасить или фанеровать. Деталь 1 крепится к детали 2 на шкантах или мелкими саморезами, а деталь 10 — саморезами, с выпуском соединительного кабеля.

Для придания АС товарного вида можно пошить "чулок" из тонкой синтетической ткани и прикрепить её степлером к верхней и нижней детали 2.

Схема разделительного фильтра показана на **рис. 11**.

Катушку индуктивности L1 наматывают эмалированным проводом диаметром 0,5...0,8 мм на пластиковую трубу диаметром 25 мм, ширина намотки — 20 мм. 120 витков провода длиной 10,2 м создают индуктивность 0,3 мГн. Конденсатор C1 — К73-17 или К78-2 (лучше). Резистор R1 сопротивлением 0,2 Ом изготавливают из высокоомной проволоки: берут кусок длиной несколько метров, измеряют его сопротивление и откусывают соответствующую нужному сопротивлению часть. Диаметр проволоки должен быть не менее 0,2 мм. Фазу (полярность) включения головок определяют опытным путём. Здесь на схеме показана полярность, оптимизированная при измерении на "розовом" шуме.

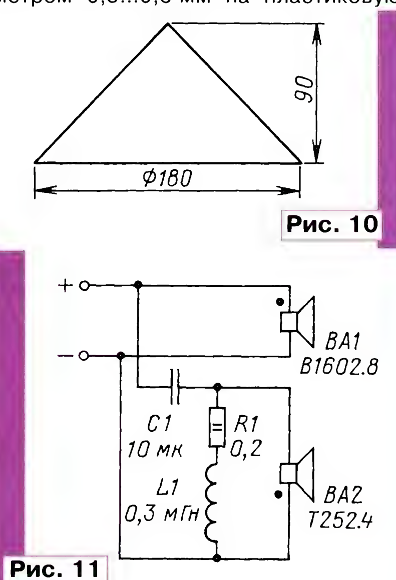


Рис. 10

Рис. 11

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шоров В., Янков В.** Акустическая система для самостоятельного изготовления. — Радио, 1997, № 4, с. 12—14.

2. Лаборатория АСА. — **http://www.asalab.net** (11.06.2014).

тел. 608-83-05
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Головные электростатические телефоны

В. БОНДАРЕНКО, г. Братск Иркутской обл.

Плёночные излучатели в изодинамических и электростатических головных телефонах многие слушатели оценивают очень высоко. Автор, опубликовав ранее в журнале советы по восстановлению головных телефонов ТДС-7, предлагает теперь освоить технологию изготовления в домашних условиях электростатических телефонов и транзисторного усилителя для них.

В настоящее время на рынке предлагается огромное множество моделей головных телефонов (ГТ), в быту называемых наушниками. Однако при всём их многообразии важен индивидуальный подбор их как по звучанию, так и по конструктивному оформлению, т. е. по удобству пользования и комфортности прослушивания. Такой выбор не всегда доступен. Советы же на форумах и сайтах Интернета неоднозначны: сколько слушателей, столько и мнений. Не последнюю роль играет и цена, особенно если речь идёт о моделях высококачественных стереофонических телефонов.

Решением этих и других проблем могут стать ГТ собственного изготовления. В этом случае целесообразно обратить внимание на электростатический способ электроакустического преобразования, позволяющий максимально приблизить звучание самоделок к уровню лучших моделей. К тому же это занятие может попросту оказаться интересным и познавательным. При этом вполне можно обойтись домашней лабораторией, доступными материалами и комплектующими.

Принцип работы электростатических излучателей звука хорошо известен и в достаточной степени изложен, например, в [1, 2]. Их высокое качество звучания обусловлено, прежде всего, малой массой плёночной мембраны и синфазностью колебаний всей её плоскости в широкой полосе звуковых частот. В журнале "Радио" [3] была опубликована большая, подробная статья об изготовлении электростатических громкоговорителей. И сегодня в Интернете можно найти много сведений о том, как построить своими руками и зачастую из подручных средств акустические системы (АС) или ГТ с электростатическими излучателями. Однако обилие разобщённой, а иногда и противоречивой информации на форумах создаёт определённые трудности для начинающих радиолюбителей. В предлагаемой статье сделана попытка устранить эту проблему.

Излучатель электростатического типа для ГТ имеет традиционную конструкцию и представляет собой симметричный дифференциальный конденсатор с центральным подвижным электродом (мембраной). В отличие от электростатических АС, которые требуют применения согласующих трансформаторов, ГТ, как правило, можно подключать к выходу дифференциального усилителя непосредственно, как это показано на **рис. 1**, что способствует повышению качества звучания.

Симметричная конструкция излучателя при условии малой амплитуды колебаний мембраны относительно ширины зазора позволяет минимизировать известную квадратичную зависимость силы, действующей на мембрану, от напряжения сигнала, поскольку в этом случае суммарный заряд конденсатора остаётся неизменным [1]. Легко показать, что сила, действующая на заторможенную мембрану, определится по формуле

$$F = U_o \cdot U_c \cdot C / r, \qquad (1)$$

где C — полная электрическая ёмкость симметричного излучателя; U_o — постоянное напряжение поляризации; U_c — переменное напряжение сигнала; r — ширина зазора между мембраной и неподвижными электродами (НЭ).

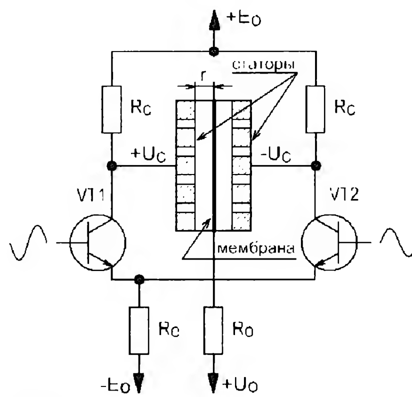


Рис. 1

Заметим, что для ГТ режим, когда амплитуда колебаний мембраны мала, довольно типичен, и это является решающим фактором минимизации искажений. Однако в общем случае применяются дополнительные меры, позволяющие обеспечить линейность электроакустического преобразования. Суть их состоит в принудительном сохранении заряда мембраны в динамике её колебаний, что достигается нанесением на её поверхность высокоомного покрытия или включением в цепь её питания высокоомного резистора R_o (рис. 1).

Отношение U_o/r в (1) есть напряжённость электрического поля в зазоре излучателя. Строго говоря, для неоднородного поля, обусловленного перфорацией НЭ, напряжённость должна быть представлена интегральной величиной, но от этого смысл представления не меняется. И с точки зрения получения максимальной чувствительности её также выбирают наибольшей с некоторым запасом относительно напряжённости пробоя, которая на воздухе составляет 1...3 кВ/мм. В действительности, если не принять мер по увеличению электрической прочности конденсатора-излучателя, рабочее значение напряжённости приходится снижать ещё больше. Причина тому — коронный разряд, проявляющийся в виде ВЧ-шума. Определённую роль в этом играет и неоднородность поля в зазоре. Ситуацию усугубляют повышенная влажность воздуха и температура, когда уши слушателя в закрытых амбушюрах полноразмерных ГТ попросту потеют. Так, например, для рабочего зазора шириной 0,5 мм в подобных неблагоприятных условиях приходится снижать напряжение поляризации до 250...300 В. Проблемы борьбы с указанным явлением в электростатических АС изложены в [3]. Применительно же к телефонам улучшить ситуацию позволяет окрашивание проводящих поверхностей НЭ. Лучше воспользоваться краской в аэрозольной упаковке, при этом получается незначительное по толщине и равномерное покрытие. Хороший результат дают, к примеру, краски MOTIP, KIMTEC, позволяя при том же зазоре (0,5 мм) повысить U_o до 400 В. При этом тонкий слой такого диэлектрика с относительной проницаемостью 1,5...2 практически не меняет структуру поля в зазоре излучателя и не оказывает влияния на звук. Частицы пыли, проникающие в полость конденсатора, в зависимости от своих свойств, также могут способствовать возникновению коронного разряда, и это надо учитывать. Однако на практике ни окрашивание статоров, ни пылевая защита, которую трудно выполнить идеальной, не могут полностью решить эту проблему. И это не позволяет реализовать предельную чувствительность электростатических ГТ на любительском уровне. По этой причине, помимо тщательности изготовления деталей телефонов и их сборки (что очевидно), в конструкции целесообразно предусмотреть подстройку напряжения поляризации. Зачастую его снижение даже на 10 % позволяет устранить разрядные шумы. При этом значение U_o, как величина начального смещения, должно удовлетворять условию $U_o \geq U_c$ [1], что легко выполнимо. Так, для комфортного и допустимого по санитарным нормам уровня долговременного прослушивания звуковое давление в ГТ не должно превышать 80...85 дБ. При U_o = 400 В и r = 0,5 мм такое условие выполнимо уже при амплитуде сигнала U_c не более 30 В. Применительно же к рис. 1 следует учесть исходные потенциалы на коллекторах транзисторов, т. е. $(U_o - U_к) \geq U_c$.

Требования к самому зазору противоречивы. В соответствии с (1) его следует выбирать как можно меньше. Заманчивость этого пути очевидна, так как пропорционально растёт и ёмкость излучателя, что делает зависимость действующей силы от ширины зазора квадратичной. Однако существует некоторый предел, после которого изменения ёмкости и зазора уже нельзя считать пренебрежимо малыми. В этом случае, несмотря на принимаемые меры по стабилизации заряда на мембране,

РАДИО®
ЗВУКОТЕХНИКА
Приём статей: mail@radio.ru тел. 608-83-05
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2015

требуется снижение амплитуды её колебаний, что приводит к ограничению динамического диапазона. Нельзя забывать и о накапливающейся на мембране пыли и микрочастицах материалов, которые скрадывают зазор. Кроме того, как показывает практика, при ширине зазора менее 0,5 мм возникают технологические трудности в обеспечении устойчивого положения мембраны в пространстве между статорами. Дело в том, что в отличие от большинства электростатических АС, ГТ должны эффективно воспроизводить сигналы, частоты которых начинаются от 20 Гц. Поэтому натяжение плёночной мембраны, размеры которой относительно невелики, не должно быть чрезмерно сильным (по существу речь идёт о гибкости подвеса). С другой стороны, слишком слабое её натяжение приводит к тому, что мембрана в силу возникающей при этом асимметрии её положения в зазоре стремится притянуться к одному из статоров. Это ответственный момент сборки и доводки, в результате которой достигается компромисс между устойчивостью мембраны в зазоре и достаточно низкой резонансной частотой её колебаний в свободном пространстве. Такое условие выполняется в том случае, когда частота резонанса свободных колебаний мембраны находится в пределах 100...150 Гц.

Выбирать ширину зазора более 1 мм также нерационально, поскольку для поддержания приемлемой чувствительности в этом случае потребуются неоправданно большие значения напряжения поляризации и напряжения сигнала. Повысить чувствительность излучателя можно также за счёт увеличения площади мембраны, от которой зависит ёмкость излучателя. И этот шаг более интересен, так как в этом случае положительный эффект достигается не за счёт снижения динамического диапазона. В самом деле, с увеличением площади мембраны растёт сопротивление излучения, но при этом растёт и действующая на неё сила (1), что, в свою очередь, препятствует снижению колебательной скорости и, следовательно, приводит к росту акустической мощности. В этой связи желательно выбирать площадь мембраны максимально возможной, конечно, в конструктивно разумных пределах — для ГТ она может достигать 40...50 см^2. Ёмкость излучателя при этом не превышает 100 пФ и не представляет серьёзной проблемы для работы усилителя. Мембраны указанного размера легко обеспечивают равномерную АЧХ телефонов по звуковому давлению на НЧ выше 20 Гц. Неплохие результаты могут быть получены и с мембранами меньших размеров, что упрощает изготовление ГТ. Но при этом придётся согласиться с некоторой потерей чувствительности и динамического диапазона.

Как уже становится понятно, конструирование электростатических ГТ во многом связано с выбором компромиссных решений. Перфорация НЭ, определяющая коэффициент прозрачности $K_{пр}$, не является исключением. Обычно считают, что он численно равен отношению суммарной площади отверстий НЭ к его общей площади. При увеличении $K_{пр}$ растёт акустическая прозрачность НЭ, но уменьшается сила, действующая на мембрану, и наоборот. Для ГТ неплохим вариантом является значение $K_{пр}$ = 0,5. Но если речь идёт о его выборе, то, как справедливо отмечено в [3], для широкополосных излучателей значения $K_{пр}$ > 0,5 являются более предпочтительными, чем наоборот. Значение $K_{пр}$ = 0,5 имеют большинство металлических сеток, применяемых в бытовой переносной аппаратуре для защиты динамических головок. То же самое можно сказать и об экранирующих сетках в микроволновых печах. Такие сетки имеют стандартный рисунок — группы круглых отверстий с центрами в вершинах правильных шестиугольников с максимально равномерной шириной линий. Но применение их может оказаться проблематичным. Далеко не всегда можно найти сетки с ровной поверхностью требуемого размера. Важным условием является и то, что НЭ должны быть акустически "мёртвыми", т. е. сами они не должны звучать. По этому критерию такие сетки, толщина которых обычно составляет 0,5 мм, не говоря уже о более тонких сетках, несколько уступают электродам, выполненным, например, из стеклотекстолита толщиной 1,5...2 мм. Стеклотекстолит предпочтительнее и по жёсткости, которая определяет устойчивость излучателя к внешним механическим воздействиям. А те, в свою очередь, вызывая деформации излучателя, приводят к короблению мембраны. Самому же стеклотекстолиту хорошего качества коробление не свойственно. При этом автоматически решается проблема электроизоляции внешних поверхностей НЭ. Недостатком такого выбора является трудоёмкий процесс сверловки отверстий. К тому же высокая плотность отверстий, имея в виду возможные срывы металлизации, накладывает определённые требования на качество стеклотекстолита и сверлильного оборудования.

С точки зрения уменьшения потерь на ВЧ толщина НЭ должна быть минимальной, поскольку верхняя частота воспроизведения ограничена резонансом, определяемым, в свою очередь, массой воздуха в отверстиях и его гибкостью в зазоре [1]. Расчёты показывают, что указанный резонанс даже для статоров толщиной 2 мм располагается за пределами звукового диапазона. Тому подтверждение и сравнительные измерения потерь на НЭ толщиной 0,5 и 2 мм, дающие практически одинаковый результат на частотах вблизи 20 кГц. Во всяком случае, тонкие металлические сетки удобно применить в качестве трафарета при сверловке отверстий — ведь станок с ЧПУ доступен не каждому.

Схожие выводы можно сделать и относительно выбора диаметра отверстий перфорации, который может быть в пределах 1...2 мм. Чем меньше диаметр отверстий при одном и том же значении $K_{пр}$, тем более равномерно распределена сила в плоскости мембраны, что, в принципе, должно улучшить характеристики работы излучателя, особенно на ВЧ. Практическое сравнение крайних вариантов даёт лишь незначительное преимущество более густой сетке в пределах 3 дБ, что сравнимо с погрешностью измерений в любительских условиях. Заметим, что сверловка отверстий перфорации диаметром менее 1,5 мм утомительна и нерациональна даже с помощью трафарета.

И, наконец, о покрытии мембраны. Оно может быть как проводящим, так и иметь высокое удельное сопротивление. Считается, что покрытие с высоким удельным сопротивлением имеет свои преимущества. Причина этого в следующем. Во-первых, заряд на высокоомной мембране в процессе её смещения остаётся практически неизменным по величине, что исключает искажения сигнала [2]. Во-вторых, в силу "фиксации" зарядов на поверхности мембраны при касании её с НЭ ток разряда минимален и поэтому не происходит прожога мембраны. Второй довод может показаться неактуальным для ГТ, но это не так. Например, при надевании телефонов на голову перепад давления в герметичной полости амбушюр может в определённых случаях (большая площадь мембраны, малый зазор, ослабленное натяжение) толкнуть мембрану до её касания с НЭ.

В случае проводящего покрытия (металлизированная плёнка) задача стабилизации заряда решается включением в цепь питания мембраны высокоомного резистора [1, 2]. В этом случае резистор R_0 (см. рис. 1) совместно с ёмкостью излучателя образуют замедляющее звено (ФНЧ), которое не позволяет меняться величине заряда даже на самой низкой рабочей частоте её колебаний.

Номинал резистора для ГТ при этом должен составлять не менее 100 МОм. Но как уже было сказано выше, в большинстве случаев стабильность заряда уже обеспечивается симметричностью самой конструкции излучателя. А поэтому включение такого резистора, пусть даже меньшего номинала, но не менее 10 МОм, необходимо, прежде всего, для ограничения тока при замыкании мембраны на НЭ и, самое главное, как элемента электробезопасности, что в равной степени относится и к высокоомной мембране.

В конечном итоге выбор материалов покрытия может зависеть от того, какой из них окажется более доступным. В любительских конструкциях телефонов определить разницу в звучании, а тем более отдать предпочтение какому-либо варианту исполнения мембраны бывает затруднительно.

Изготовление деталей конструкции и сборка излучателей

Мембрана

В качестве материала мембраны хорошо подходит лавсановая плёнка из конденсаторов К73-16. Это во многом замечательная основа, за исключением одного недостатка — её ширина всего 35 мм, что накладывает определённые ограничения на площадь и форму мембраны. В конденсаторах на рабочее напряжение 100 В толщина плёнки

равна 4...5 мкм. Этого вполне достаточно для любительской конструкции. Ведь уже при такой толщине плёнки её масса, как следует из [1, 2], сопоставима с массой соколеблющегося воздуха. Номинал ёмкости конденсатора не имеет значения, важно, чтобы длина корпуса конденсатора была равна 48 мм. Это максимально возможный размер, и ширина плёнки, извлечённой из такого конденсатора, — именно те самые 35 мм. Конечно, если имеется возможность применения аналогичной по своим свойствам плёнки подходящих размеров, то задача изготовления большеразмерной мембраны существенно упрощается. Однако вариант с конденсаторной плёнкой хоть и является с технологической точки зрения проблемным, но зато он вполне доступен и требует отдельного рассмотрения. Для этого можно обратиться к [4], где подробно описано изготовление мембраны для телефонов ТДС-7. Применительно к данному случаю, переработанная часть описания выглядит следующим образом.

Аккуратно распиливаем вдоль корпус конденсатора и вынимаем его "начинку". Отматываем и удаляем начальную часть рулона длиной 20...30 см, где в качестве диэлектрика используется толстая плёнка. Далее собственно и начинается рабочая часть конденсатора, представляющая собой две сложенные вместе плёнки (обкладки конденсатора). Отрезаем от рулона полосу длиной 15 см. Острым скальпелем отделяем плёнки друг от друга. Основная трудность заключается в том, чтобы "зацепиться" за начало раздела слитых воедино плёнок. Далее для облегчения процесса можно капнуть в образовавшийся зазор между плёнками несколько капель ацетона. После того как плёнки окажутся разделёнными, с них следует стравить металлизацию. При этом можно воспользоваться обыкновенным отбеливателем, время процесса — 20 мин. После чего плёнки следует тщательно промыть, высушить и прогладить горячим утюгом (температура для шерсти) через лист бумаги, лучше просто между листами в книге. На выходе процесса получаем пригодные для работы прозрачные ровные гладкие плёнки.

Для получения желаемого размера мембраны по ширине полученные две плёнки нужно склеить между собой. В отличие от описанного в [4] способа, в данном случае приклеивание нужно осуществлять внахлёст. Делаем это так. Предварительно подготовленные плёнки, как это описано выше, кладём на ровную гладкую поверхность и соединяем их между собой длинными сторонами с перекрытием в 1,5...2 мм. Удерживая их в таком положении и отогнув одну из сторон, наносим по чуть-чуть (буквально микропорциями) клей БФ-6 по линии перекрытия плёнок. Прижимать можно сразу. При этом начинать приклеивание лучше с середины. Такой способ по сравнению с [4] более трудоёмкий, но в отношении прочности шва результат получается гораздо лучше. К тому же слой клея оказывается защищённым с обеих сторон от активного воздействия рабочего покрытия (напыления) мембраны. Для устранения неровностей полученную таким образом плёнку также необходимо ещё раз прогладить. При этом клеевой шов следует изолировать от бумаги лавсановой плёнкой (из рулона), иначе разогретый клей, если он окажется за пределами шва, приклеится к бумажному листу. После термообработки на плёнке могут появиться микроскладки как результат устранения неровностей. Главное, полученная плёнка должна быть совершенно плоской без выпуклостей и коробления. Не следует надеяться на то, что в дальнейшем при растяжке её на изоляторе такие дефекты удастся исправить.

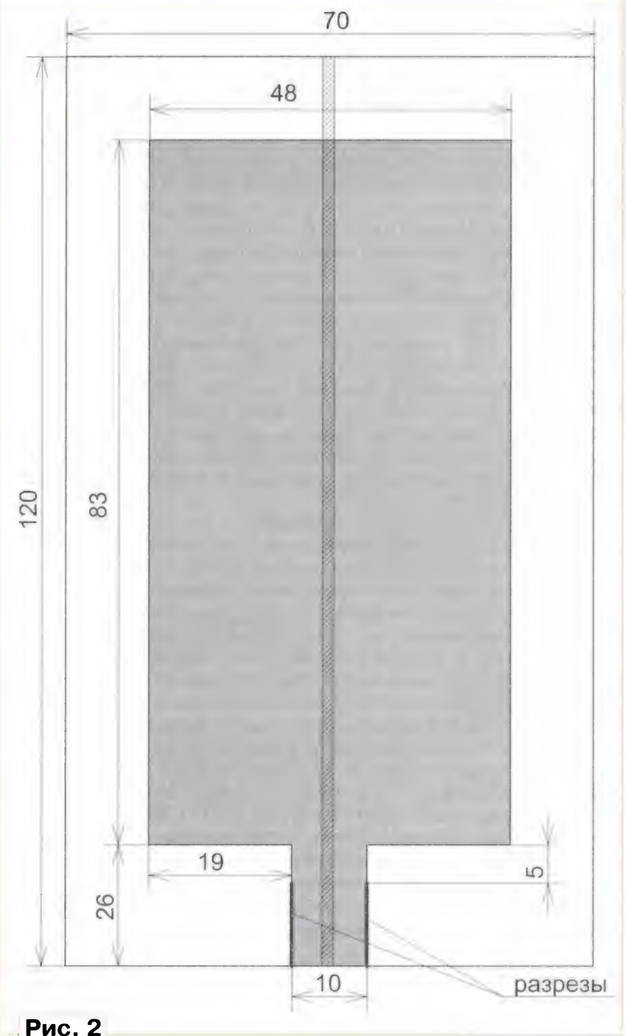


Рис. 2

Толщина клеевого шва после разглаживания нагретым утюгом — примерно 20 мкм, и влияние его на общую массу плёнки минимально, а прочность такой склейки вполне достаточна. После обрезки получается заготовка с размерами 70×120 мм с проходящим по оси симметрии клеевым швом (**рис. 2**). Следует добавить, что лучше запастись такими полуфабрикатами впрок для того, чтобы в случае неудачи не повторять весь процесс заново.

Несмотря на то что извлечённая из конденсатора плёнка изначально металлизирована, вопрос о покрытии мембраны решается не в пользу её родного проводящего покрытия. И на это имеются две причины. Во-первых, односторонняя, как в данном случае, металлизация приводит к скручиванию плёнки, устранить которую практически не представляется возможным, что весьма неудобно в работе и в конечном итоге приводит к короблению мембраны.

Во-вторых, предельно тонкий слой металлизации склонен на изломах, в частности, у выводного лепестка, к полной потере проводимости, что, в свою очередь, приводит к потере работоспособности всего излучателя в целом. Поэтому удаление металлизации, как это описано в [4], не противоречит общей идее и в данном случае.

Итак, заготовка-полуфабрикат в виде гладкой, без признаков коробления, прозрачной плёнки с указанными размерами готова, и теперь можно приступить к следующему этапу — этапу напыления мембраны. Судя по дебатам на тематических форумах, технологии изготовления фирменных мембран остаются под секретом, да, пожалуй, они и не реализуемы на радиолюбительском уровне, тем не менее идей масса. Один из самых доступных предлагаемых способов покрытия подложки — это напыление антистатика "Лана" или других подобных по своим физическим свойствам аэрозолей. Такое покрытие относится к высокоомным, и его удельное сопротивление — 2...5 ГОм/см^2. И несмотря на то что подобное покрытие преподносится как пробное, временное, на самом деле конечный результат применительно к ГТ может быть вполне приемлемым. Так, практически все макетные образцы при соблюдении технологии изготовления работали без серьёзных претензий к такому напылению. Однако время жизни подобного напыления оценить так и не удалось. Отдельные образцы успешно работали более года без снижения чувствительности, после чего, так или иначе, подвергались модернизации. Следует отметить и неприхотливость таких мембран к хранению на морозе (–30 °С) или при повышенной температуре (+50 °С). Удовлетворительно переносима и 100 % влажность (с последующей просушкой). Со временем удельное сопротивление такого покрытия имеет

РАДИО № 9, 2015
ЗВУКОТЕХНИКА
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 608-83-05
РАДИО®

тенденцию к росту, что может привести к заметному увеличению времени накопления зарядов на мембране с момента включения поляризатора.

Напылённому слою антистатика присущи и очевидные недостатки — остаточная липкость даже после длительной просушки (сама по себе электростатика и так любит пыль) и неравномерность напыления. Однако оценить влияние

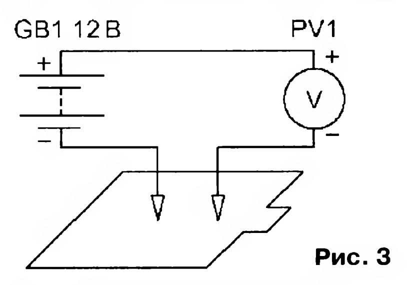


Рис. 3

второго фактора на качество работы излучателя не так-то просто. Можно также усомниться в эффективности работы такого вязкого напыления на ВЧ. Но как показывают опыты, такие мембраны работают ничуть не хуже металлизированных вплоть до частоты 20 кГц. К тому же вязкое покрытие, обуславливающее повышенное собственное затухание, может сыграть и свою положительную роль как гаситель паразитных ВЧ-резонансов.

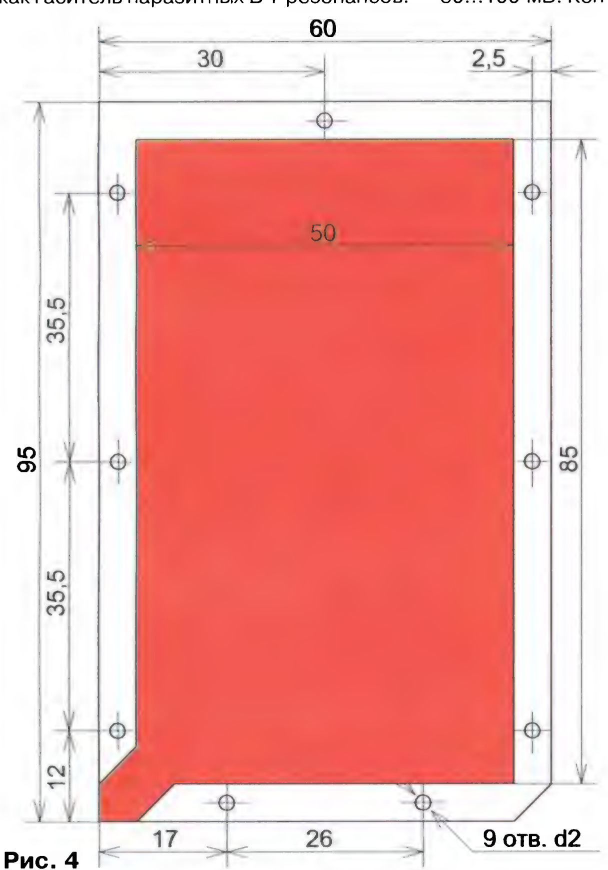


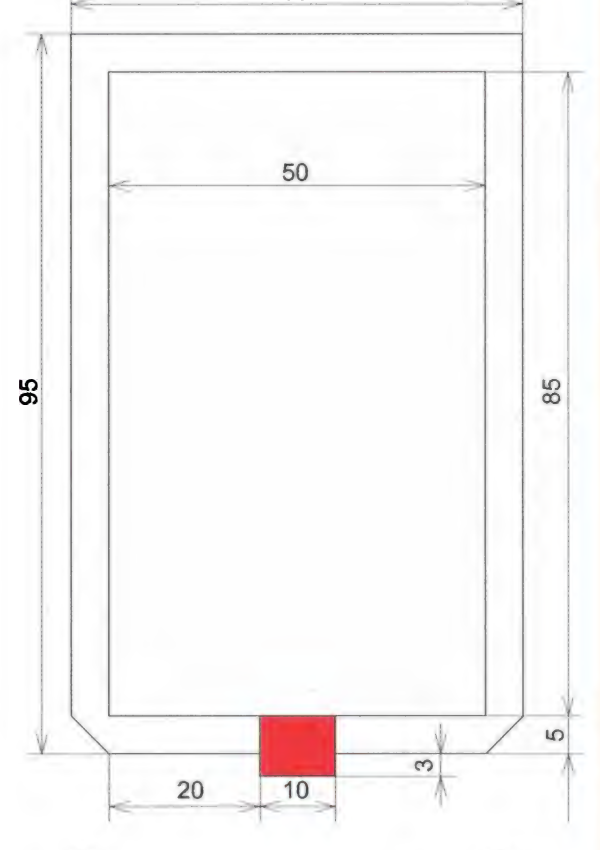
Рис. 4

Процесс напыления достаточно прост. Для начала следует изготовить из тонкого ровного картона защитную рамку. Рамка нужна для того, чтобы струя из распылителя попадала только на рабочую область плёнки. На рис. 2 эта область выделена серым цветом. Внутренние размеры рамки лучше уменьшить на 0,5...1 мм для ограничения переходной области напыления. Обозначенные разрезы на лепестке мембраны делают непосредственно перед её растяжкой на изоляторе или в процессе растяжки, по месту. Прикладываем рамку к плёнке и с расстояния 20...25 см производим напыление. Делать это надо умеренно, так чтобы на плёнке не было наплывов. Антистатик активен по отношению к клею БФ-6, но последний уже защищён слоями плёнок. Операцию необходимо повторить дважды с интервалом в 2 ч. Точно так же следует напылить и противоположную сторону мембраны. Лепесток рекомендуется покрыть дополнительным слоем или даже двумя, поскольку проблемы, связанные со снижением чувствительности из-за чрезмерного роста поверхностного сопротивления по отношению к сопротивлению паразитных утечек, если таковое происходит, начинаются именно с лепестка, как с наиболее узкого места в прямом смысле этого слова. Дать просохнуть в течение суток, после чего провести контроль качества напыления по схеме на **рис. 3**. При расстоянии между контактными площадками, касающимися плёнки, 10 мм и входном сопротивлении вольтметра 10 МОм показания прибора должны быть 50...100 мВ. Контактные площадки представляют собой круглые диски диаметром 5 мм. Удобны в применении шурупы-саморезы с плоскими головками указанного диаметра, зажатые по резьбе "крокодилами" вольтметра. Конечно, эти значения напряжения носят ориентировочный характер и зависят от свойств антистатика, который может отличаться у разных производителей. В данном случае речь идёт о продукции Новомосковского завода. При необходимости число слоёв напыления можно увеличить. Принцип прост — чем тоньше слои, тем их больше.

А вот такой антистатик, как "Лира", является менее предпочтительным. Покрытие на его основе имеет заметно большее удельное сопротивление и в конечном итоге может оказаться сравнимым с сопротивлением утечек всей конструкции, что усложнит задачу. Например, в предыдущей схеме измерения показания вольтметра могут оказаться в пределах единиц милливольт. Кроме того, "Лира" обладает большей липкостью, что создаёт определённые проблемы.

Неподвижные электроды

Из односторонне фольгированного стеклотекстолита толщиной 1,5 мм вырезаем две одинаковые заготовки по размерам готового электрода, как на **рис. 4**. Оба НЭ — внутренний и внешний — одинаковы, за исключением того, что на внешнем (дальнем от уха) электроде вместо крепёжных отверстий диаметром 2 мм, как это показано на рис. 4,



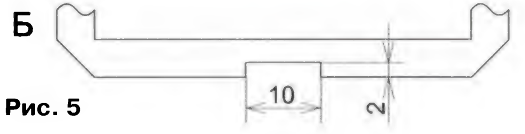


Рис. 5

делают резьбовые отверстия М2. Лишние участки фольги шириной 5 мм по периметру заготовок (то, что не выделено цветом) следует удалить травлением или вырезать скальпелем по линейке. Вывод фольгированной полоски на угол электрода предназначен для подпайки проводника кабеля. Вариант не очень элегантный, но в подобных любительских конструкциях следует отдавать предпочтение простоте с целью минимизации паразитных утечек. Сверловку крепёжных отверстий пока делать не надо. А вот сверлить отверстия под перфорацию при использовании стационарного сверлильного станка можно одновременно. Для этого обе детали надо прижать друг к другу фольгированными сторонами и на них наложить трафарет. Полученный таким образом пакет скрепляют миниатюрными струбцинами. Сверлить отверстия следует в границах фольгированного участка, за исключением выводного лепестка.

По окончании сверловки пакет разъединяют, заусенцы на высверленных электродах убирают мелким надфилем и наждачной бумагой. Возможно, после этого для зачистки отверстий придётся ещё раз пройтись сверлом по всем отверстиям. В конечном итоге рабочие поверхности НЭ должны быть, что называется, в идеальном состоянии. Если же предполагается применение ручной электродрели, то во избежание возможных перекосов отверстий НЭ лучше сверлить раздельно, по одному.

Следующий этап — изготовление изоляторов. Для этого понадобится односторонне фольгированный стеклотекстолит (допускается применение гетинакса) толщиной по ширине выбранного зазора. Пусть это будет компромиссный вариант из ранее указанных значений, например 0,8 мм, из стандартного ряда стеклотекстолита марки СФ-1. Конечно, зазор и толщину НЭ можно выбрать другими, исходя из имеющихся в наличии материалов или по другим причинам. Это приведёт в основном только к изменению толщины излучателя, что несложно учесть в дальнейшем. Чувствительность при этом корректируется подбором напряжения поляризации. На один излучатель понадобятся две детали — А и Б, как на **рис. 5**. Изолятор Б показан только фрагментарно (нижняя часть), причём для его изготовления можно применить и нефольгированный стеклотекстолит, в остальном же детали идентичны.

Вырезать изоляторы можно обычным резаком, предварительно засверлив тонким сверлом отверстия по углам. После фольгу следует удалить, за исключением участка, выделенного цветом (рис. 5), — это контактная площадка для приклеивания лепестка мембраны и подпайки проводника кабеля.

Вырез в нижней части изолятора Б предназначен для того, чтобы при сборке пакета не деформировался клеевой контакт между лепестком мембраны и контактной площадкой. При отсутствии фольгированного стеклотекстолита указанной толщины контактный лепесток можно вырезать из медной фольги и приклеить по месту универсальным клеем "Момент".

Затем эпоксидным клеем (пластификатор обязателен) приклеивают изоляторы к внутренним (фольгированным) сторонам статоров, причём лепесток изолятора А должен быть направлен в ту же сторону, что и фольгированная сторона его статора. В целях экономии материала изоляторы можно составить из отдельных полосок шириной 5 мм. При этом лучше воспользоваться оправкой в виде тонкой прямоугольной пластины из пластмассы с размерами 50×85 мм, что гарантирует хорошую повторяемость внутренних размеров рамок изоляторов. После высыхания возможные наплывы эпоксидного клея на рабочих поверхностях статоров должны быть удалены.

Теперь можно выполнить сверловку крепёжных отверстий и лучше это сделать одновременно на обоих НЭ, точно совместив их изоляторами друг к другу и зафиксировав струбцинами. Вначале следует высверлить сквозные отверстия диаметром 1,5 мм. Затем НЭ разъединить и на внутреннем (ближнем к уху) электроде рассверлить отверстия до 2 мм, а на внешнем нарезать первым номером метчика резьбу М2. В конечном итоге пакет будет скрепляться винтами М2 длиной 5 мм с потайной головкой. Поэтому на внешней стороне внутреннего электрода необходимо сделать зенковку отверстий под головки винтов. Резьба в стеклотекстолите имеет ограничения по надёжности, и это надо иметь в виду при сборке пакета.

По окончании всех работ, связанных с механической обработкой, детали следует тщательно очистить от пыли и обезжирить. Перед окрашиванием проводящих поверхностей НЭ изоляторы необходимо защитить липкой лентой от попадания на них краски. После окрашивания следует обратить внимание на качество покрытия. Выступающие над поверхностью твёрдые вкрапления, которые иногда всё же случаются, должны быть зачищены.

Сборка излучателей

На этом этапе, прежде всего, следует выполнить правильную растяжку мембраны, которая крепится на НЭ с изолятором А. Это важный момент, от которого зависит успех работы в целом. Сама по себе растяжка мембраны не так сложна и трудоёмка. Гораздо сложнее работа по корректировке её натяжения, когда приходится частично отклеивать мембрану. При этом возможны надрывы плёнки. Поэтому желательно, чтобы требуемый результат получился с первого раза. Можно предварительно потренироваться на муляже — плёнке без покрытия, которую не жаль. Приобретение определённого навыка играет решающую роль. В крайнем случае можно применить плёнку толщиной 10 мкм. Такая плёнка используется в конденсаторах К73-16 на номинальное напряжение 400 В.

Подготовленную мембрану аккуратно располагают на статоре так, чтобы её напылённая часть точно оказалась над перфорацией электрода, а её лепесток совпал с фольгированным участком изолятора. На **рис. 6** цифрами обозначена последовательность действий. Сначала в точке 1 на торцевой стороне статора следует нанести мазок универсального клея "Момент" и спустя 10...20 с загнуть и зафиксировать на нём верхний край мембраны. Далее в точках 5 и 8 также нужно нанести лёгкие точечные мазки клея на торце. После выдержки фиксируют нижнюю часть мембраны с умеренным натяжением по направлению стрелок. Особо усердствовать с клеем не нужно. Плёнка легка и хорошо удерживается даже при минимальном его использовании. После выдержки примерно 10 мин следует слегка промазать тонким слоем клея торцевые участки 1-2 и 1-11 (здесь и далее обозначены жирными линиями). Вновь выдержка 10...20 с — и верхний край мембраны загибают на торец НЭ с одновременным натяжением по стрелкам. Такую же операцию производят и с нижней частью мембраны (участки 5-6 и 7-8). Таким образом, растяжка по вертикали завершена. При этом средняя часть мембраны должна получиться плос-

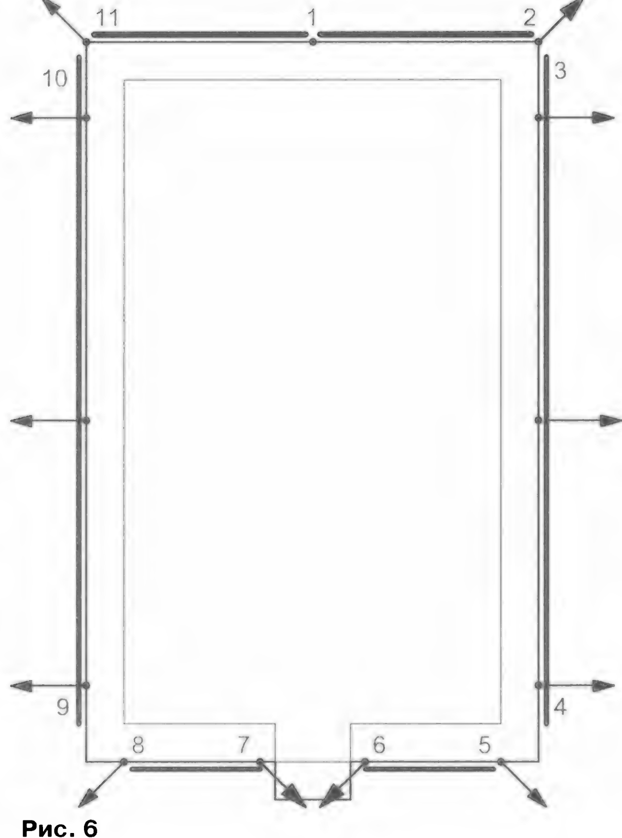


Рис. 6

кой, продольные (вертикальные) волны могут быть только на её краях. После более длительной выдержки до 30 мин можно сделать растяжку в ширину. Для этого наносят тонкий слой клея на участок 3-4 торца статора по всей его длине. Выдержка 10...20 с — и также проводят загиб бокового края мембраны на торец по всей длине с натяжением чуть большим, чем это необходимо для устранения волн. И вновь выдержка 10 мин, после чего точно так же приклеивают противоположный край мембраны к другому торцу электрода (участок 9-10). Результатом выполненной работы должна быть совершенно плоская мембрана без волн и складок. Можно слегка подуть на мембрану, убеждаясь в отсутствии колебаний отдельных её участков. Чем более качественно изготовлена мембрана, тем меньше проблем при её растяжке.

Клей "Момент" хорошо удерживает натяжение мембраны, позволяя при этом исправить возможный дефект. Для этого понадобится ацетон, но применять его следует минимальными порциями, чтобы он не затекал на напылённую часть мембраны, иначе не исключено появление утечек, от которых зачастую можно избавиться только заменой самой мембраны. Но если дефект замечен ещё в момент приклеивания, когда клей ещё не прихватил окончательно, то оперативно отделить участок плёнки от изолятора можно, не прибегая к ацетону. НЭ с растянутой на нём мембраной показан на **рис. 7**.

Теперь можно грубо оценить качество натяжения мембраны, прослушивая её резонансный отзвук на постукивание пальцем по электроду. "Дряблый" призвук указывает на то, что натяжение слишком слабо, звон же, наоборот, говорит о том, что натяжение чрезмерно велико. Звук должен быть низким по тону и упругим. Вообще говоря, мембрану лучше слегка перетянуть, чем недотянуть. В конечном итоге несколько большие потери на частотах ниже 40...50 Гц не так важны, как последствия слишком слабо натянутой мембраны. К таковым относится довольно неприятное явление, возникающее при малом зазоре или вследствие чрезмерно слабого натяжения мембраны — это её релаксационные колебания, а иногда и прилипание к одному из НЭ. Причина этого явления состоит в том, что в случае возникновения асимметрии положения мембраны в зазоре на неё действует разностная сила, стремящаяся притянуть мембрану к ближайшему на данный момент к ней НЭ. Но как следует из общений на форумах Интернета, от этого не застрахованы даже фирменные изделия.

Рис. 7

Рис. 8

Затем в месте контакта лепестка мембраны с фольгированным участком изолятора следует нанести немного токопроводящего клея так, чтобы обеспечить контакт с фольгой обеих сторон лепестка мембраны, срезав его излишки, как показано на **рис. 8** (фрагмент НЭ). Такой контакт, несмотря на его кажущуюся сомнительность с учётом маслянистых свойств "Ланы", на деле вполне надёжен. Оставшийся свободным уголок вывода изолятора предназначен для подпайки проводника с поляризующим напряжением $+U_0$. Проводящий клей-пасту можно приготовить и самостоятельно, густо замешав в капле лака ПФ-283 напиленные надфилем мелкие медные опилки. Такая паста быстро застывает, и готовить её следует непосредственно перед применением.

Далее совмещают статоры (изолятор А к изолятору Б) и всю конструкцию без излишних усилий (резьба в стеклопластике!) стягивают винтами М2, предварительно проколов острым шилом мембрану по крепёжным отверстиям. Проверку мембраны на паразитные утечки проводят измерителем проводимости (см. рис. 3). Значение напряжения между лепестком мембраны в точке подпайки кабеля и металлизированными выводами каждого из НЭ не должно превышать единиц милливольт.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Вахитов Я. Ш.** Теоретические основы электроакустики и электроакустическая аппаратура. — М.: Искусство, 1982.
2. **Зуев В.** Электростатический громкоговоритель АСЭ-1. — Радио, 1980, № 8, с. 22, 23.
3. **Лачинян С.** Изготовление электростатических громкоговорителей в любительских условиях. — Радио, 2006, № 1—4.
4. **Бондаренко В.** Ремонт головных телефонов ТДС-7 — Радио, 2013, № 4, с. 13—15.

(Окончание следует)

НОВОСТИ ВЕЩАНИЯ

Раздел ведёт В. ГУЛЯЕВ, г. Астрахань

РОССИЯ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ. 13 июля филиал РТРС "Санкт-Петербургский РЦ" возобновил трансляцию программ радиостанции "Эхо Петербурга". Вещание ведётся ежедневно в круглосуточном режиме на частоте 91,5 МГц. Напомним, что работа радиостанции была приостановлена 9 июня на основании приказа Роскомнадзора о приостановке действия лицензии за невыполнение в установленный срок предписаний об устранении выявленных нарушений (источник — URL: **http://spb.rtrs.ru/news/read/504/** (23.07.15)).

БЕЛГОРОД. 1 июля филиал РТРС "Белгородский ОРТПЦ" запустил трансляцию программ радиостанции "Радио" в г. Белгороде на частоте 88,3 МГц. Это региональная станция с музыкальными программами различных стилей и направлений: от классического рок-н-ролла до клубной музыки (источник — URL: **http://belgorod.rtrs.ru/news/read/1009/** (23.07.15)).

ЕКАТЕРИНБУРГ. 20 июля в полдень по московскому времени в г. Екатеринбурге прекратила работу на частоте 88,8 МГц радиостанция "Серебряный Дождь". На сайте станции сообщается, что были разорваны отношения с партнёрами, которые транслировали программы "Серебряного Дождя" в городе. Вещание приостановлено на неопределённый срок. Напомним, радиостанция также прекратила работу в Кургане, Челябинске, Ярославле и Омске (источники — URL: **http://runews24.ru/russia/ekaterinburg/20072015-radiostanciya-serebryanyj-dozhd.html** и **http://eburg.mk.ru/articles/2015/07/20/ekaterinburg-ostalsya-bez-serebryanogo-dozhdya.html** (23.07.15)).

ИРКУТСК. Радиостанция "Наше радио" выиграла конкурс на право работы в столице Прибайкалья г. Иркутске. Частота вещания — 88,9 МГц (источник — URL: **http://nsn.fm/hots/nashe-radio-na-baykalskikh-volnakh-vyigran-irkutsk-.php** (23.07.15)).

КАРЕЛИЯ. Радиостанция "Вера" выиграла конкурс Федеральной конкурсной комиссии при Роскомнадзоре на получение права осуществлять эфирное вещание в г. Петрозаводске на частоте 101 МГц. Выход в эфир запланирован на первое полугодие 2016 г. (источник — URL: **http://regions.ru/news/2553374/** (23.07.15)).

КРАСНОДАРСКИЙ КРАЙ. К региональной сети радиостанции "Love Radio" присоединился г. Кропоткин, час-

Примечание*. Время всюду — UTC. Время MSK = UTC + 3 ч.*

Приём статей: mail@radio.ru тел. 607-88-18
Вопросы: consult@radio.ru

тота вещания — 101,3 МГц (источник — URL— **http://mediaguide.ru/?p=news&id=55ace**330 (23.07.15)).

ЛЕНИНГРАДСКАЯ ОБЛ. К региональной сети радиостанции "Love Radio" присоединился г. Кириши, частота вещания — 97,2 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2592.htm** (23.07.15)).

ЛИПЕЦКАЯ ОБЛ. 9 июля 2015 г. к региональной сети радиостанции "Love Radio" присоединился г. Елец, частота вещания — 107,3 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2620.htm** (23.07.15)).

МАГАДАН. 24 июня радиостанция "Наше радио" вышла в эфир в крупном дальневосточном областном центре России г. Магадане на частоте 106,5 МГц (источник — URL: **http://nsn.fm/hots/nashe-radio-teper-i-v-magadane-budete-u-nas-na-kolyme-.php** (23.07.15)).

ОМСКАЯ ОБЛ. В г. Омске на частоте 90,9 МГц 1 июля начала работать радиостанция "Мир", которая выиграла конкурс на трансляцию в 2014 г. (источник — URL: **http://ngs55.ru/news/more/2193023/** (23.07.15)).

ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛ. Вещание радиостанции "Своё радио", которое было приостановлено в Пензенской области на всех частотах 1 апреля 2015 г., возобновлено в среду, 1 июля. Напомним, частоты станции в Пензенской области:

— г. Нижний Ломов и пгт Пачелма, частота вещания — 103,6 МГц;

— г. Каменка, частота вещания — 100,8 МГц;

— г. Сердобск, частота вещания — 107 МГц;

— г. Кузнецк, частота вещания — 103,1 МГц;

— г. Никольск, частота вещания — 105,7 МГц (источник — URL: **http://penzanews.ru/society/91753-2015** (23.07.15)).

СВЕРДЛОВСКАЯ ОБЛ. К региональной сети "Радио Дача" присоединился г. Серов, частота вещания — 90,3 МГц, потенциальная аудитория радиостанции — около 98 тыс. человек (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2604.htm** (23.07.15)).

ТЫВА. В столице Республики Тыва г. Кызыле с 1 июня 2015 г. на частоте 105,5 МГц появилось "Радио России—Тыва". Сюда оно перешло с прежней УКВ-частоты после установки современного цифрового оборудования. После традиционного анонса "Кызыл чугаалап тур! Говорит Кызыл!" транслируются местные новости и передачи на двух языках: тувинском и русском. Дневные программные блоки выходят в стереорежиме (источник — URL: **http://www.tuvaonline.ru/2015/07/02/radio-rossii-tyva-staryy-drug-proverennyy-vremenem.html** (23.07.15)).

УЛЬЯНОВСКАЯ ОБЛ. К региональной сети "Радио Дача" присоединился г. Инза, частота вещания — 104,2 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2638.html** (23.07.15)).

ХАКАСИЯ. К региональной сети радиостанции "Такси FM" присоединился г. Абакан, частота вещания — 106,2 МГц (источник — URL: **http://www.krutoymedia.ru/news/2618.htm** (23.07.15)).

ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АО. В п. Сабетта Ямальского района, где с 2012 г. ведётся строительство нового арктического порта с одноимённым названием, в начале июля 2015 г. начало работать "Радио Ямала". Кроме русского, трансляции будут идти на четырёх языках коренных народов Севера: ненецком, ханты, селькупском и коми-зырян. Станция работает круглосуточно на частоте 100,1 МГц. В эфире звучат новости, репортажи собственных корреспондентов, познавательные программы, музыка, интерактивные игры и многое другое (источник — URL: **http://sever-press.ru/vse-novosti/item/11958-v-sabette-nachalo-veshchanie-radio-yamala** (23.07.15)).

ЗАРУБЕЖНОЕ РАДИОВЕЩАНИЕ

БОЛГАРИЯ. Региональные станции "Болгарского национального радио" в городах Варне и Бургасе с первого июля начали трансляцию новостей на русском и английском языках. Они подготовлены журналистами "Радио Болгария".

Каждый день в 11.30 (время местное) в эфире "Радио Варна" на частоте 103,4 МГц выходит актуальная информация, итоговый выпуск новостей можно услышать ежедневно в 19.00. Трансляция "Радио Бургас" на частоте 92,5 МГц на русском и английском языках ведётся в 16.00 (время местное) только по рабочим дням (источник — URL: **http://www.newsbg.ru/obschestvo/89-obschestvo/12410-radio-varny-i-burgasa-nachali-vypuskat-novosti-na-russkom-jazyke.html** (23.07.15)).

ПОЛЬША. "Радио Польша" с 1 июля начало с 18.00 до 18.30 ежедневные трансляции программ на русском языке на частоте 1395 кГц через передатчик в г. Гаваре (Gavar), Армения. Ранее он использовался для вещания второй программы "Национального радио Армении", а затем — передач "Голоса России" на различных языках Ближнего Востока, а также на русском.

Однако это ещё не все приятные для любителей радиоприёма новости от "Радио Польша". Готовится к подписанию ещё один контракт, на этот раз с Болгарией, где находится передатчик, транслирующий программу "Болгарского национального радио" с названием "Горизонт" на частоте 1224 кГц, его мощность составляет 300 кВт. Через этот передающий центр в г. Варне (Varna) тоже предполагается вести передачи на русском языке (источник — URL: **http://www.radiopolsha.pl/6/173/Artykul/212347** (23.07.15)).

УКРАИНА, ДОНБАСС. 15 июля 2015 г. к аудитории радиостанции "Комсомольская правда" присоединились более миллиона жителей Донбасса — начато регулярное вещание в эфире на частоте 106 МГц. Для слушателей доступны федеральная и региональная программные сетки. Эфир радиостанции сформирован с учётом основных информационных потребностей местного населения. Значительную часть времени займут актуальные новостные и аналитические программы, посвящённые событиям региона.

Справка (*от вед. рубрики*): Радиостанция "Комсомольская правда" начала работу в 2009 г. Сегодня действующая региональная сеть станции насчитывает 28 городов вещания. На стадии подготовки находится запуск вещания ещё в девятнадцати городах страны, включая крупнейшие:

— Самара, частота вещания — 98,2 МГц;

— Казань, частота вещания — 98 МГц;

— Владивосток, частота вещания — 90,4 МГц

(источник — URL: **http://re-port.ru/press/radio_komsomolskaja_pravda_teper_i_v_donecke/** (23.07.15)).

5 июля 2015 г. в г. Донецке началось регулярное вещание радиостанции "Комета" (г. Чехов Московской обл., сайт радиостанции — **www.kometa.fm**) на частоте 98,6 МГц. Мощность передатчика — 1 кВт, антенна — шесть этажей полуволновых вертикальных вибраторов, высота установки антенны — 180 м над землёй. Разрешение на вещание подписал глава ДНР Александр Захарченко. Радиопрограмма на 100 % с собственным, местным содержанием.

ШВЕЦИЯ. Правительство Швеции решило отложить перевод системы публичного радиовещания из аналоговых трансляций в УКВ-диапазоне в трансляции в цифровом формате DAB+. Об этом сообщила министр культуры и демократии Алис Ба Кунке (Alice Bah Kuhnke). По словам министра, этот технологический переход, который должен привести к прекращению УКВ-ЧМ-вещания для почти шести миллионов радиослушателей, связан со слишком большими неопределённостями.

Например, неясен вопрос о том, насколько у граждан Швеции существует потребность в новом формате трансляций, при том, что им нужно будет менять свои аналоговые радиоприёмники на цифровые. Отмечается также, что экспертные инстанции сомневаются по поводу стабильности цифрового вещания в случаях необходимости передачи экстренных сообщений, связанных с военной или гражданской обороной.

Министр, однако, не "закрыла двери" для будущего перехода радиовещания в Швеции на систему DAB+, и для этого будет изучен опыт соседней Норвегии. Там уже в 2017 г. начнётся поэтапное закрытие УКВ-ЧМ-радиостанций в связи с переходом на цифровой формат (источник — URL: **http://sverigesradio.se/sida/artikel.aspx?programid=2103&artikel=6197242** (23.07.15)).

Хорошего приёма и 73!

Новые режимы в комбинированном измерительном приборе

А. САВЧЕНКО, пос. Зеленоградский Московской обл.

В ходе эксплуатации комбинированного прибора [1] программа его микроконтроллера была значительно усовершенствована. Новая версия 2.03 этой программы предоставляет пользователю в дополнение к уже имеющимся режимы измерения частоты входного сигнала и однократной развёртки в логическом анализаторе. Новые функции реализованы чисто программным способом, в аппаратную часть прибора никаких изменений вносить не пришлось.

Режим однократной развёртки был с самого начала предусмотрен в осциллографе прибора, однако автор не реализовал его в логическом анализаторе, хотя в нём он не менее полезен. В новой версии программы микроконтроллера это упущение исправлено.

Теперь можно говорить, что логический анализатор, как и осциллограф прибора, имеет два режима работы развёртки: регулярный и однократный. Они практически идентичны за двумя исключениями. Во-первых, в логическом анализаторе не измеряется напряжение входного сигнала. Эта операция здесь не имеет смысла, поскольку исследуются сигналы стандартных логических уровней. Во-вторых, выводимая на экран дополнительная информация о положении информационного кадра на оси времени в режиме логического анализатора не накладывается на область осциллограмм и не мешает их наблюдению. Поэтому её выключение не реализовано за ненадобностью.

Пример изображения на экране индикатора в режиме однократной развёртки логического анализатора показан на **рис. 1**. Из режима регулярной развёртки анализатора в этот режим входят нажатием на клавишу "5". В нём действуют следующие управляющие клавиши:

"4" — перемещение кадра влево (к началу буфера);

"5" — остановка перемещения по отсчётам сигнала;

"6" — перемещение кадра вправо (к концу буфера);

"0" — выбор шага перемещения (отсчёт или кадр);

"D" — выход из режима однократной развёртки.

Полное описание режима однократной развёртки не приводится, так как оно достаточно полно изложено в [2] применительно к осциллографу.

Что касается режима измерения частоты, то микроконтроллер семейства ATxmega позволяет реализовать несколько его вариантов. Наряду с классическим подсчётом числа периодов измеряемого сигнала за единицу времени, таймеры-счётчики этого микроконтроллера способны выполнять прямое измерение периода следования импульсов входного сигнала, что позволяет легко рассчитать частоту их следования. Достоинство этого метода — малое время измерения, однако приемлемая точность сохраняется лишь до частоты не выше нескольких десятков килогерц. В связи с этим измерение частоты сигнала в приборе производится упомянутым выше классическим методом.

Его принцип прост. Один таймер-счётчик формирует измерительный интервал времени, второй подсчитывает импульсы входного сигнала в течение этого интервала. Если длительность измерительного интервала 1 с, то накопленное за это время во втором счётчике число и есть частота сигнала в герцах. Однако на пути реализации этого метода есть сложности.

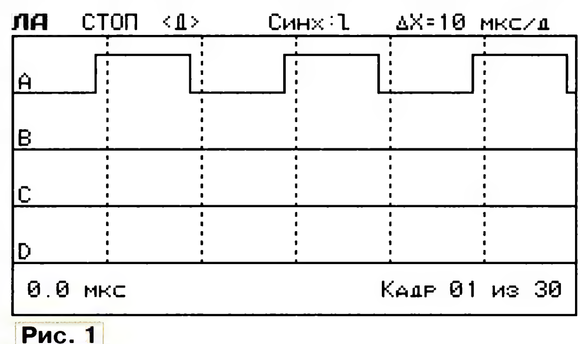


Рис. 1

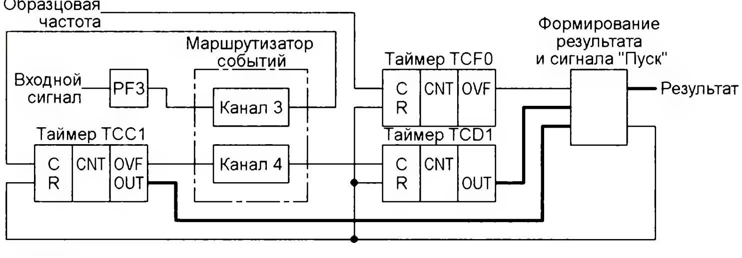


Рис. 2

Во-первых, все таймеры-счётчики микроконтроллера семейства ATxmega [3] — 16-разрядные. Значит, максимальная корректно измеряемая таким счётчиком частота ограничена переполнением его счётного регистра и равна $2^{16} - 1 = 65535$ Гц. Этого явно мало, учитывая, что элементы микроконтроллера работоспособны до частоты 32 МГц.

Самый простой путь увеличить максимальную измеряемую частоту — уменьшение измерительного интервала. Например, сокращение его в четыре раза приведёт к росту в четыре раза максимального значения измеряемой частоты. Одновременно во столько же раз вырастет дискретность её измерения, ведь каждый импульс будет "весить" в четыре раза больше. Поэтому такой путь нецелесообразен.

Добиться увеличения максимальной измеряемой частоты без роста дискретности измерения можно только увеличением разрядности счётчика импульсов входного сигнала. Архитектура микроконтроллера ATxmega даёт такую возможность, позволяя соединять последовательно несколько таймеров-счётчиков. Чтобы получить 32-разрядный счётчик, достаточно объединить два 16-разрядных таймера-счётчика. Переполнение 32-разрядного счётчика за секунду может произойти лишь на частоте $2^{32} - 1 = 4294967295$ Гц, так что верхний предел измеряемой частоты в этом случае ограничен только частотными свойствами элементов микроконтроллера и равен 32 МГц.

Во-вторых, необходимо "довести" входной сигнал от линии порта до таймера-счётчика и заставить последний считать импульсы в широком интервале частоты их следования.

В-третьих, необходимо обеспечить строго синхронную работу всех участвующих в процессе счёта элементов микроконтроллера вне зависимости от работы других его узлов, чтобы избежать разного рода непрогнозируемых сбоев счёта.

Преодолеть эти сложности поможет имеющийся в микроконтроллерах семейства ATxmega замечательный инструмент — система событий [4]. С её помощью можно сформировать все необходимые для работы сигналы и транспортировать их от источника до приёмника с минимально возможной и, что очень важно, стабильной задержкой.

Функциональная схема реализованного в рассматриваемом приборе частотомера изображена на **рис. 2**. Аппаратура порта ввода—вывода позволяет анализировать состояние каждой его линии и генерировать события в случае их изменения. Например, формировать события по каждому нарастающему или спадающему перепаду входного сигнала. Таймеры-счётчики способны считать не только внутренние синхроимпульсы микроконтроллера, но

РАДИО® ИЗМЕРЕНИЯ тел. 608-83-05 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru РАДИО № 9, 2015

и сигналы событий. Из этого становится понятным, как организован счёт импульсов входного сигнала.

Сигнал подают на линию PF3, которая сконфигурирована как вход и генерирует события по нарастающим перепадам сигнала (по одному событию на каждый период). Таймер-счётчик TCC1 работает в режиме счётчика событий, доставляемых по каналу 3 маршрутизатора событий. Он же генерирует и отправляет в канал 4 маршрутизатора события переполнения (OVF) своего 16-разрядного счётного регистра. Их подсчитывает таймер-счётчик TCD1, настроенный на работу в режиме 16-разрядного счётчика событий, доставляемых по каналу 4.

Раз в секунду по сигналу окончания счётного интервала, формируемого таймером-счётчиком TCF0, настроенного на счёт импульсов синхронизатора микроконтроллера, программа "склеивает" результаты работы таймеров счётчиков TCC1 и TCD1 в одно 32-разрядное слово и присваивает его значение переменной. Затем она перезапускает все таймеры-счётчики, начиная новый цикл измерения частоты.

Основные характеристики в режиме измерения частоты

Измеряемая частота, Гц . . . . от 1 до $32 \cdot 10^6$
Дискретность отсчёта частоты, Гц 1
Длительность счётного интервала, с 1
Погрешность длительности счётного интервала, % . . . . ±0,001

Основными источниками погрешности измерения частоты следует считать:

1. Неточность установки тактовой частоты микроконтроллера, в результате чего реальная длительность измерительного интервала отличается от одной секунды. У этой погрешности две составляющие: систематическая и случайная.

Систематическая составляющая — результат неравенства фактического среднего значения тактовой частоты номинальному. Она носит постоянный характер, её можно скомпенсировать. О том, как это сделать, будет рассказано ниже.

Случайная составляющая погрешности возникает вследствие флюктуации частоты тактового генератора. Факторов, её порождающих, довольно много. Это нестабильность и пульсации питающего напряжения, собственный шум элементов генератора, влияние температуры и пр. В приборах высокого класса для минимизации вредного воздействия подобных факторов применяется целый комплекс мер, вплоть до термостабилизации и виброзащиты тактового генератора. Однако погрешность этого вида можно только уменьшить, полностью избавиться от неё нельзя. В авторском экземпляре прибора она не превышает ± 0,001 %. Это значит, что частота 5 МГц измеряется с ошибкой ±50 Гц.

2. Погрешность дискретизации результата измерения. Она знакома всем, кто когда-либо имел дело с любым цифровым измерительным прибором. Происхождение этой погрешности поясняют графики на **рис. 3**. В зависимости от взаимного расположения на оси времени границ измерительного интервала и регистрируемых счётчиком перепадов измеряемого сигнала результат счёта может различаться на единицу. Например, в показанном на рисунке случае может быть сосчитано 6 или 7 импульсов при фактической частоте их повторения около 6,6 Гц (при длительности интервале счёта 1 с). Этот эффект сохраняется при любом соотношении измеряемой частоты и интервала счёта.

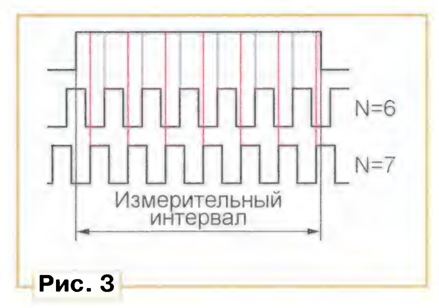


Рис. 3

При многократном повторении измерения младшая цифра его результата "скачет" на единицу от цикла к циклу. Относительная величина этой погрешности растёт обратно пропорционально измеряемой частоте. Например, частота около 100 Гц будет измерена со средней относительной погрешностью ±0,5 %. На частоте в несколько мегагерц и выше погрешностью дискретизации можно пренебречь. Здесь превалирует случайная составляющая длительности измерительного интервала.

Блок программы, выполняющий измерение частоты, разработан, как и вся программа, в системе разработки программ BASCOM AVR. При входе в режим частотомера программа соответствующим образом настраивает элементы внутренней структуры микроконтроллера, участвующие в измерении частоты:

— линию PF3, на которую поступает входной сигнал, конфигурирует как вход, генерирующий события по нарастающим перепадам сигнала, а канал 3 маршрутизатора событий — на передачу сигналов об этих событиях:

```
Portf_pin3ctrl=1
Evsys_ch3mux=&B01111011
```

— настраивает таймер-счётчик TCF0 на генерацию измерительного интервала длительностью 1 с:

```
Config Tcf0=Normal,Prescale=7
Tcf0_per=31249
```

— настраивает таймер-счётчик TCC1 на подсчёт событий, поступающих через канал 3 маршрутизатора от линии PF3:

```
Config Tcc1=Normal
Tcc1_ctrla=&B00001011
Tcc1_ctrld=&B00001011
```

а канал 4 маршрутизатора — на передачу сигналов о переполнении таймера-счётчика TCC1:

```
Evsys_ch4mux=&B11001000
```

— настраивает таймер-счётчик на подсчёт событий, поступающих из канала 4 маршрутизатора:

```
Config Tcd1=Normal
Tcd1_ctrla=&B00001100
Tcd1_ctrld=&B00011100
```

В результате таймеры-счётчики TCC1 и TCD1 образуют единый 32-разрядный счётчик. Теперь система готова к подсчёту периодов измеряемого сигнала. Более того, он уже ведётся, так как каждое из рассмотренных устройств начинает работать сразу после инициализации. Но чтобы получить правильный результат, необходимо в момент начала измерительного интервала начать подсчёт событий с нуля. Поэтому цикл измерения следует начинать с одновременного обнуления всех трёх участвующих в нём таймеров-счётчиков.

Особенно важно привязать к началу измерительного интервала (моменту перезапуска таймера TCF0) момент перезапуска работающего с наибольшей скоростью таймера-счётчика TCC1. Вопрос строгой привязки момента перезапуска таймера-счётчика TCD1 к началу измерительного интервала так остро не стоит. Первое событие, которое он должен будет сосчитать, произойдёт только при переполнении таймера-счётчика TCC1.

Хотя возможность одновременного перезапуска нескольких таймеров-счётчиков в микроконтроллере предусмотрена, но реализуется она только через систему событий. Использовать её в рассматриваемом случае не удаётся, так как таймер-счётчик TCC1 настроен на приём сигналов событий из канала 3 и принимать сигналы событий из других каналов без перенастройки не может. Поэтому подать таймерам-счётчикам команду перезапуска может только процессор, причём только поочерёдно.

Цикл измерения частоты состоит из двух этапов: собственно измерения и формирования его результата. Этап измерения описывают следующие пять строк программы:

```
Tcf0_ctrlfset=&B00001000
Tcc1_ctrlfset=&B00001000
Tcd1_ctrlfset=&B00001000
Bitwait Tcf0_intflags.0, Set
Evsys_ch3mux=&B00000000
```

Первые три строки этого фрагмента перезапускают таймеры-счётчики в порядке TCF0, TCC1, TCD1. Поэтому таймер-счётчик TCC1 начинает считать события не в момент начала измерительного интервала, отсчитываемого таймером-счётчиком TCF0, а с задержкой Δt_1 относительно этого момента (**рис. 4**). Она равна продолжительности выполнения процессором операции перезагрузки таймера-счётчика TCC1. Следом с такой же задержкой процессор перезапускает таймер-счётчик TCD1, после чего начинает ждать момент окончания измерительного интервала. Когда этот момент наступит, таймер-счётчик TCF0 установит в нулевом разряде регистра TCF0_INTFLAGS флаг запроса прерывания по переполнению.

Обнаружив этот флаг, процессор должен запретить таймеру-счётчику TCC1 дальнейший счёт событий (периодов измеряемого сигнала). Сделать это можно по-разному. В нашем случае

Приём статей: mail@radio.ru тел. 608-83-05
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО®

последней операцией этапа измерения процессор просто отключает канал 3 маршрутизатора событий. На эту операцию ему требуется время Δt_2 (рис. 4), в течение которого счёт периодов продолжается.

Если $\Delta t_2 \neq \Delta t_1$, реальная продолжительность счёта событий (измерения частоты) отличается на $\Delta t_2 - \Delta t_1$ от заданной длительности измерительного интервала, это порождает ещё одну составляющую погрешности измерения. Чтобы устранить её, необходимо сделать эти задержки равными. Однако в программе на языке высокого уровня (в том числе BASCOM AVR) определить точные значения их длительности затруднительно, поскольку программисту неизвестен алгоритм трансляции используемых конструкций языка в машинные команды. Поэтому в реальной программе фрагменты, выполняющие перезапуск таймера-счётчика TCC1, а также фиксирующие окончание измерительного интервала и останавливающие TCC1, написаны на языке ассемблера, причём приняты меры по обеспечению одинаковой длительности исполнения этих фрагментов. Этим достигается равенство $\Delta t_2 = \Delta t_1$ и, следовательно, равенство реальной длительности измерительного интервала заданной.

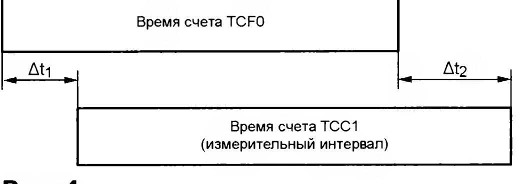


Рис. 4

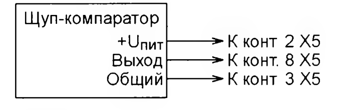


Рис. 5

Частотомер

5 000 069 Гц

Рис. 6

Далее рассмотрим реализованный в приборе способ устранения систематической погрешности, связанной с неравенством тактовой частоты микроконтроллера номинальному значению. Как отмечалось выше, следствие такого несоответствия — отклонение длительности измерительного интервала от требуемого значения 1 с и пропорциональное ему отклонение измеренного значения частоты от фактического.

Прежде всего это отклонение нужно измерить. Для этого потребуется образцовый генератор сигнала частотой в несколько мегагерц или комплект из любого достаточно стабильного генератора и образцового частотомера. Сигнал генератора подают на гнёзда 8 и 3 (общий) разъёма X5 прибора.

Коды из прилагаемого к статье файла Osc-Volt-2_03.hex загружают в программную память микроконтроллера прибора. После включения прибор переводят в режим частотомера и измеряют им частоту образцового генератора. Измерение нужно повторить 10—20 раз, после чего вычислить среднее измеренное значение частоты $F_{изм}$. Поправочный коэффициент вычисляют по формуле

$$K = \frac{F_{обр}}{F_{изм}},$$

где $F_{обр}$ — частота образцового генератора. Чтобы ввести коэффициент K в программу, в файле Osc-Volt-2_03.bas (исходном тексте программы) необходимо найти закомментированную строку

```
Compensation:
'Temp2=Temp2*1.000004
```

Она обозначена меткой Compensation: для облегчения поиска. Её следует раскомментировать, а множитель 1.000004 (это значение справедливо для авторского экземпляра прибора) заменить найденным значением поправочного коэффициента K. После этого необходимо скомпилировать откорректированную программу и загрузить коды из полученного HEX-файла в программную память микроконтроллера.

Как уже было сказано, сигнал, частоту которого необходимо измерить, подают на гнездо 8 разъёма X5 прибора, откуда он поступает на вход PF3 микроконтроллера. Понятно, что микроконтроллер способен правильно воспринять только такой сигнал, уровни которого соответствуют принятым в трёх- или пятивольтной логике. Для измерения частоты сигналов другой формы (например, синусоидальных) требуется дополнительный формирователь. Хорошие результаты даёт применение щупа-компаратора, описанного в [5]. Его можно подключить к разъёму X5 прибора. Нужно только подать с платы A1 прибора на свободное гнездо 2 этого разъёма напряжение +5 или +3,3 В для питания щупа (он работоспособен при любом из указанных значений напряжения). Подключают щуп по схеме, изображённой на **рис. 5**.

Вид экрана индикатора прибора в режиме частотомера показан на **рис. 6**.

В этот режим входят из регулярного режима логического анализатора нажатием на клавишу "ЛА". Переключают прибор из режима частотомера в другие режимы нажатиями на следующие клавиши:

"ОС" — в режим осциллографа;

"ЛА" — в режим логического анализатора;

"ГН" — в режим генератора сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Савченко А.** Усовершенствование комбинированного прибора на базе микроконтроллера ATxmega. — Радио, 2015, № 3, с. 29—34.
2. **Савченко А.** Комбинированный прибор на базе микроконтроллера ATxmega. — Радио, 2014, № 4, с. 18—22; № 5, с. 22—25.
3. **Савченко А.** Средства генерации, счёта импульсов и временных интервалов в ATxmega. — Радио, 2015, № 8, с. 25—28.
4. **Савченко А.** Система событий микроконтроллеров ATxmega. — Радио, 2015, № 2, с. 24—27.
5. **Нечаев И.** Щуп-компаратор для частотомера. — Радио, 2014, № 7, с. 20.

От редакции. *Программа микроконтроллера имеется по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/09/combi2-03.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Прибор для проверки модулей ЖКИ на основе контроллера HD44780

Г. НЮХТИЛИН, г. Ковров Владимирской обл.

Популярные у радиолюбителей буквенно-цифровые модули ЖКИ в большинстве своём собраны на основе контроллера HD44780 фирмы Hitachi, который можно считать промышленным стандартом. Аналоги этого контроллера и модули на их основе производят многие фирмы. Предлагается прибор для оперативной проверки работоспособности таких модулей и содержимого их знакогенераторов.

На **рис. 1** представлен самый распространённый в нашей стране, но не единственный, вариант таблицы кодов знакогенератора модуля ЖКИ, содержащей не только латинские, но и русские буквы. Получив каждый из этих кодов (двузначное шестнадцатеричное число), модуль выводит на свой экран соответствующий символ. Например, код 0x4E (десятичное значение 78) — латинская буква N, а код 0xB0 (десятичное значение 176) — русская буква Ю.

Символы разделены на две группы. Первая (коды с 0x20 по 0x7F) содержит цифры, буквы латинского алфавита и спецсимволы. Эта группа всегда одинакова, и коды находящихся в ней символов соответствуют известной кодовой таблице ASCII. Во второй группе (коды с 0xA0 по 0xFF) в рассматриваемом случае находятся буквы русского алфавита и различные значки. Однако в модификациях даже однотипных модулей ЖКИ, выпускаемых для разных стран, здесь вместо русских букв могут находиться буквы других национальных алфавитов и вообще любые символы. Коды с 0x00 по 0x07 отданы программистам для создания собственных символов, изображения которых можно загружать в память модуля специальными командами.

Младший полубайт \ Старший полубайт	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0				0	@	P	`	p			Б	Ю	ч	.	Д	[illegible]
1			!	1	A	Q	a	q			Г	Я	ш	:	Ц	[illegible]
2			"	2	B	R	b	r			Ё	б	ъ	[illegible]	Щ	[illegible]
3			#	3	C	S	c	s			Ж	в	ы	[illegible]	д	[illegible]
4			$	4	D	T	d	t			З	г	ь	[illegible]	ф	[illegible]
5			%	5	E	U	e	u			И	ё	э	[illegible]	ц	[illegible]
6			&	6	F	V	f	v			Й	ж	ю	[illegible]	щ	[illegible]
7			'	7	G	W	g	w			Л	з	я	I	´	[illegible]
8			(	8	H	X	h	x			П	и	«	[illegible]	[illegible]	[illegible]
9			)	9	I	Y	i	y			У	й	»	†	[illegible]	[illegible]
A			*	:	J	Z	j	z			Ф	к	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
B			+	;	K	[	k	[illegible]			Ч	л	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
C			,	<	L	[illegible]	l	[illegible]			Ш	м	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
D			-	=	M	]	m	[illegible]			Ъ	н	¿	[illegible]	[illegible]	[illegible]
E			.	>	N	^	n	[illegible]			Ы	п	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
F			/	?	O	_	o	[illegible]			Э	т	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

Рис. 1

Если в руки радиолюбителю попал модуль ЖКИ без "опознавательных знаков" или такой, на который невозможно найти справочные данные (например, бывший в употреблении или даже купленный в интернет-магазине), неплохо иметь прибор для быстрой проверки его работоспособности и определения содержимого знакогенератора.

Такой прибор, схема которого представлена на **рис. 2**, построен на микроконтроллере DD1 (PIC16F84A-04/P, описание которого можно найти по адресу **http://datasheet.su/datasheet/Microchip/PIC16F84A-04/P**). Он позволяет проверять модули символьных ЖКИ со встроенным контроллером HD44780 и следующими комбинациями числа знакомест в строке (первый сомножитель) и числа строк (второй множитель) на экране: 8×1, 8×2, 16×1, 16×2, 16×4, 20×1, 20×2, 20×4, 32×2, 40×2.

Резистор R1 поддерживает высокий логический уровень на входе MCLR микроконтроллера. Это предотвращает влияние на этот высокоомный вход наводок, способных вызвать нежелательные перезапуски микроконтроллера. Резистор R2 и конденсатор C2 — частотозадающие элементы встроенного в микроконтроллер тактового RC-генератора. Сопротивление резистора R2 может лежать в пределах 5...100 кОм, а ёмкость конденсатора C2 должна быть не менее 20 пФ. При их номиналах, указанных на схеме, получена тактовая частота около 4 МГц. Её стабильность, конечно, хуже, чем у кварцевого генератора, но в рассматриваемом случае она и не требуется. От этой частоты зависит только скорость автоматического повторения "нажатий" на кнопку SB1 при её удержании нажатой. Резистором R3 регулируют контраст-

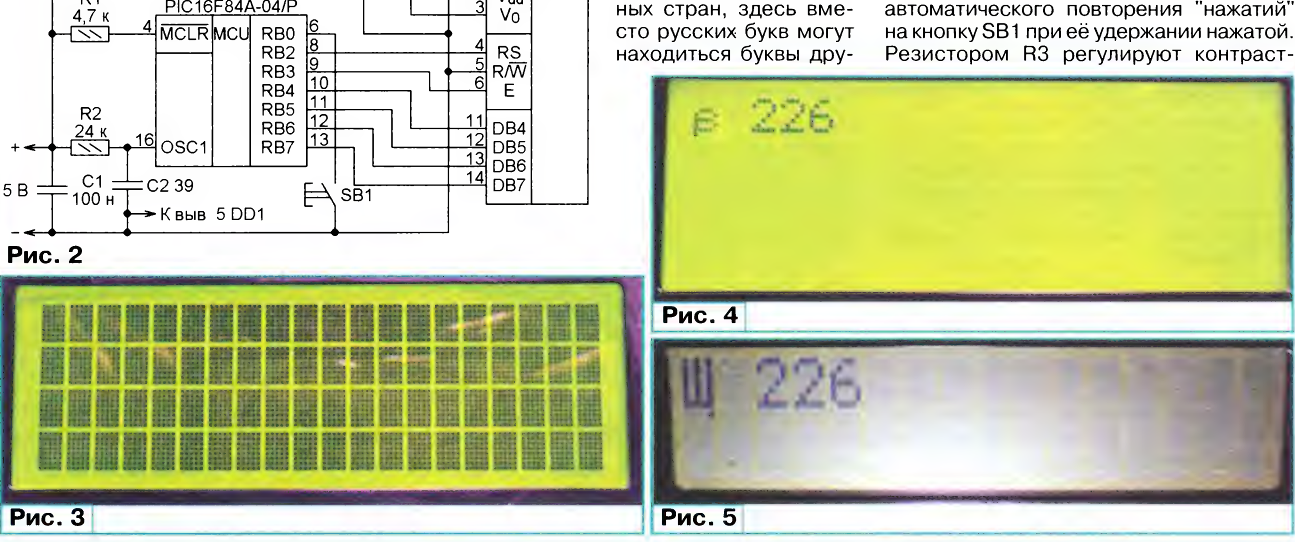


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

ность символов на экране проверяемого модуля ЖКИ HG1. Резисторы R1 и R3 могут иметь сопротивление 1...10 кОм.

Ввиду простоты схемы печатная плата для прибора не разрабатывалась, он собран на макетной. Кнопка SB1 — КМ1-1В или любая другая. Резисторы R1 и R2 — МЛТ-0,125, R3 — СП3-4, конденсаторы — любые керамические.

Микроконтроллер PIC16F84A-04/P можно заменить на PIC16F84A-20/P или на PIC16F84 с такими же индексами после дефиса. Можно применить аналогичные микроконтроллеры с индексом /SO (в корпусе для поверхностного монтажа), но тогда и другие детали прибора желательно заменить на предназначенные для поверхностного монтажа.

Источник питания прибора должен давать стабилизированное напряжение 5 В при токе нагрузки не менее 100 мА.

При подаче на прибор с подключённым проверяемым модулем ЖКИ напряжения питания должны стать видимыми все элементы изображения во всех знакоместах экрана, как показано на **рис. 3**. Этим проверяют их целостность и общую работоспособность модуля.

Учтите, что у большинства модулей ЖКИ плюс напряжения питания (V_{dd}) следует подавать на вывод 1, а минус (V_{ss}) — на вывод 2. Однако бывает и наоборот. Например, у модуля WH1602D-TML-CT. Если подать питание в неправильной полярности, модуль работать не станет, а через некоторое время будет безвозвратно испорчен. У автора был такой печальный опыт. Но кратковременную (несколько секунд) переполюсовку модуль всё-таки выдерживает. Поэтому, если на подачу питающего напряжения модуль не реагирует, прибор необходимо незамедлительно отключить от источника питания и искать причину неработоспособности модуля.

Первое после включения питания нажатие на кнопку SB1 погасит прямоугольники на экране, а в его верхней строке будет выведена надпись "z 122". Это значит, что в знакогенераторе контроллера модуля имеется символ "z" с кодом 122 (здесь и далее значения кодов десятичные). При дальнейших нажатиях или при удержании кнопки нажатой на экран поочерёдно выводятся символы с кодами 123—255, затем цикл бесконечно повторяется, начиная с кода 122. Это даёт возможность просмотреть все символы, содержащиеся во второй части кодовой таблицы, и узнать их коды для использования в разрабатываемых программах.

На **рис. 4** на экран модуля ЖКИ 20×4 фирмы OPTREX, знакогенератор которого не содержит русских букв, выведена надпись "β 226". А на **рис. 5** на экран русифицированного модуля ЖКИ 16×2 неизвестного типа выведена надпись "Щ 226". Это подтверждает, что у модулей разных модификаций одному и тому же коду из второй части таблицы могут соответствовать разные символы.

От редакции. *Программа микроконтроллера прибора имеется по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/09/testLCD.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

Передающий комплекс индивидуального радиовещания

С. КОМАРОВ, г. Москва

С февраля 2006 г., когда вышла в свет статья [1] — первая с предложением ввести в рамки правового поля давнее увлечение молодёжи неформальным радиовещанием, — прошло уже более девяти лет. В ноябре 2009 г. прошла конференция, посвящённая индивидуальному радиовещанию. Впервые за один стол для конструктивного разговора сели сами неформальные радиовещатели, представители Роспечати, Министерства связи, Главного радиочастотного центра (ГРЧЦ), Российской телерадиовещательной сети (РТРС). Присутствовали и преподаватели технических ВУЗов, в первую очередь заинтересованные в том, чтобы учить радиотехнике исключительно тех выпускников школ, которые сознательно выбрали свою будущую профессию в области радиотехники, радиовещания и радиосвязи и, ещё учась в школе, уже занимались практическим радиоконструированием самостоятельно или в радиокружках. Во время конференции в эфире на частотах 1602 кГц и 5995 кГц работала первая легальная АМ-радиостанция индивидуального радиовещания "Зелёный глаз" или "Magic Eye" (имеется в виду глазок лампы 6Е5С), зарегистрированная в соответствии с действующим законодательством. В эфире прозвучали все присланные в записи программы неформальных вещателей, которые могли лично провести авторскую радиопередачу под своим позывным. В 2012 г. по инициативе тюменского клуба индивидуального радиовещания (Радио "Вектор — Тюмень", 1575 кГц) и при поддержке Министерства связи и ГРЧЦ прошёл первый конкурс по конструированию самодельных радиовещательных передатчиков. Всем его участникам из 17 городов России для испытания собранных конструкций были предоставлены радиочастоты в 200-метровом диапазоне средних волн для радиовещания и в 90-метровом диапазоне коротких волн (3370 кГц, 6К80А3Е) для обмена разговорными программами и радиообщения. Оформлены в Роскомнадзоре временные полугодовые разрешения на выход в эфир самодельных радиопередатчиков. С июля 2012 г. начала регулярное вещание в средневолновом диапазоне (1584 кГц) и в 11-метровом вещательном КВ-диапазоне (25900 кГц) студенческая радиостанция Московского технического университета связи и информатики "Радио МТУСИ" и почти одновременно — студенческая радиостанция Санкт-Петербургского университета телекоммуникаций им. М. А. Бонч-Бруевича "Радио Бонч" (1593 кГц).

Главная задача проекта индивидуального радиовещания — увлечь молодёжь радиотехникой, ориентировать школьников на выбор будущей профессии в областях радиотехники, радиосвязи и радиовещания, подготовить технические и инженерные кадры, имеющие практические навыки и глубокие знания в области радиотехники. Поэтому все звенья функциональной цепи индивидуального радиовещания принципиально должны быть самодельными, а лучше и самостоятельно разработанными, но, разумеется, соответствовать нормам ГКРЧ на профессиональное вещательное оборудование. Это радиотехнический проект, и он направлен исключительно на подготовку грамотных радиоинженеров. Использование же в индивидуальном радиовещании промышленной передающей

Рис. 1

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

РАДИО № 9, 2015 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru тел. 607-88-18

Таблица 1

Технические требования к СЧ АМ-передатчику для индивидуального радиовещания

№	Параметр	Значение
1	Диапазон рабочих частот[1)], кГц	1449—1602
2	Шаг сетки частот[1)], кГц	9
3	Уход частоты за 15 мин после 30 мин прогрева, не хуже	$\pm 2 \cdot 10^{-6}$
4	Погрешность начальной установки частоты, Гц, не хуже	±5
5	Излучение	16K0A3EGN
6	Сохранение установленной частоты и вида излучения при многократном выключении и включении питания, а также при неосторожном обращении с органами управления	Обязательно
7	Выходная мощность передатчика в режиме несущей, Вт:	
7.1	для кабинетов физики или музеев с комнатной передающей антенной	≤1
7.2	для самодеятельных подростковых радиокружков и начинающих вещателей	10...25
7.3	для радиокружков центров детского технического творчества	25...50
7.4	для радиокружков технических колледжей, техникумов, а также личных	50...100
7.5	для радиокружков центров НТТМ, технических ВУЗов и опытных вещателей	100...250
7.6	для технических университетов и клубов индивидуального радиовещания	250...500
8	Подавление внеполосных излучений[2 3)], дБ, не менее	60
9	Подавление боковых составляющих на частотах, отстоящих на ±9 и ±18 кГц от несущей, дБ, не менее	46
10	Подавление подаваемых на модулирующий вход сигналов частотой 9...25 кГц, дБ, не менее	46
11	Полоса модулирующего сигнала по уровню минус 3 дБ, Гц	50...8000
12	Глубина модуляции при коэффициенте нелинейных искажений 2,5 %, %, не менее	70
13	Входное сопротивление модулирующего монофонического входа, Ом	600±60
14	Чувствительность модулирующего монофонического входа при глубине модуляции 30 %, дБ (Вэфф)	0 (0,775)
15	Интервал регулирования чувствительности модулирующего входа, дБ	±6
16	Наличие индикатора глубины модуляции	Желательно
17	Наличие встроенного сумматора стереоканалов (при наличии стереовхода)	Желательно
18	Выполнение пп. 7—9 при активной составляющей сопротивления нагрузки[4)], Ом	12...300
19	Выполнение пп. 7—9 при реактивной составляющей сопротивления нагрузки[4)], Ом	±j300
20	Наличие индикатора тока антенны	Обязательно
21	Наличие разъема для подключения коаксиального фидера с волновым сопротивлением 50 или 75 Ом при мощности 100 Вт и более	Обязательно
22	Наличие зажима "Заземление"	Обязательно
23	Продолжительность непрерывной работы на передачу при максимальной мощности и глубине синусоидальной модуляции 90% частотой 50...8000 Гц, ч, не менее	8
24	Коэффициент нагрузки радиокомпонентов по любому предельно допустимому параметру, %, не более	80

Примечания: 1. СЧ-передатчики для индивидуального радиовещания должны работать строго в радиовещательной сетке частот с шагом 9 кГц. Наличие возможности установить органами управления другую частоту недопустимо. 2. См. Решение ГКРЧ от 24.05.13 № 13-18-03. 3. Измеряется на активной нагрузке 50 или 75 Ом при глубине модуляции 70 %. 4. Обеспечивается настройкой согласующего устройства.

аппаратуры уничтожает саму суть проекта, саму идею практического изучения радиотехники и привлечения молодёжи к ней и превращает его из инженерного и радиотехнического в журналистско-диджейский.

Выход в эфир — это бонус для техняря, самостоятельно собравшего вещательный радиопередатчик, это радость творчества, вдохновение от реализации плодов рук своих. А если нет плодов, то нет и бонуса. Поэтому берём паяльник. Ведь всё, что показано на **рис. 1**, предстоит сделать самостоятельно. А лучше и самостоятельно разработать. России нужны грамотные увлечённые радиоинженеры.

Эта статья посвящена описанию функционального состава передающего радиотракта для индивидуального радиовещания, назначения всех входящих в него структурных звеньев и рекомендациям по их будущей разработке не только автором этой инициативы, но и всеми заинтересованными радиоинженерами, индивидуальными радиовещателями и радиолюбителями. В **табл. 1** приведён разработанный автором на основании документов [2] и [3] перечень основных требований к передатчикам индивидуального радиовещания. Их необходимо выполнять при разработке, изготовлении и эксплуатации таких передатчиков.

Радиопередача начинается в эфирной студии. В центрах научно-технического творчества молодёжи (НТТМ) и детского технического творчества, в технических ВУЗах и колледжах это может быть отдельное помещение, оборудованное по всем канонам акустики и оснащённое самой совершенной студийной аппаратурой, например, как описано в статьях [4, 5].

В самодеятельных радиокружках и в домашних условиях эфирная студия может быть оборудована в маленьком закутке, на стенах которого за спиной ведущего для звукоизоляции висит ковёр, на кронштейне установлен микрофон, а на журнальном столике — эфирный микшерный пульт. Возможен также вариант студии без такого пульта, когда все его функции выполняет программное обеспечение эфирного компьютера.

В этом случае системный блок компьютера с его шумящими вентиляторами необходимо вынести за пределы зоны чувствительности эфирного микрофона или использовать специальный шумостойкий динамический микрофон Shure SM7B [6]. И вообще, для индивидуального радиовещания лучше использовать динамические микрофоны. Работать в домашних и других, не оборудованных звукопоглощением, "студиях" с конденсаторными микрофонами не рекомендуется по причине их восприимчивости к постороннему шуму.

При любом варианте оборудования эфирной студии на её выходе должен быть получен парафазный стереосигнал с уровнем 0 дБмВт (0,775 Вэфф на нагрузке 600 Ом).

Поскольку студийный комплекс находится в непосредственной близости от радиопередатчика и передающей антенны, необходимо позаботиться, чтобы в эфирном пульте имелись входные фильтры подавления радиопомех, чтобы он был экранирован, а все межблочные звуковые цепи выполнены симметричными относительно общего провода витыми парами проводов в экране. Использовать несимметричные соединительные линии (одиночные провода в экране) в данном случае недопустимо.

Особенное внимание на это следует обратить электрогитаристам. Как правило, выходы дешёвых массовых предварительных усилителей для электрогитар и устройств обработки гитарного звука выполнены несимметричными.

При попытке подключить их к эфирному пульту наводки от передатчика могут привести к самовозбуждению аппаратуры или к сильному искажению звука. Этим же недостатком страдают и самодельные гитарные "примочки".

Сумматор стереосигналов. Поскольку АМ-радиовещание — монофоническое, то поступающие из эфирной студии стереосигналы (а всё студийное оборудование выпускают стереофоническим) приходится преобразовывать в монофонические, суммируя оба стереоканала. Сумматор может быть выполнен либо на резисторах, либо на операционном усилителе. Обращаю внимание, если хотите получить натуральное "живое" звучание, складывайте аналоговые сигналы. Цифровые технологии здесь излишни.

Как правило, сумматор стереоканалов входит в состав АМ-процессора. Но если этот процессор программный, то сумматор стереоканалов должен войти в состав модулятора передатчика. На структурной схеме, изображённой на рис. 1, им должен быть оснащён вход УМЗЧ.

АМ-процессор — весьма сложный прибор, применяемый исключительно в радиовещании. У него несколько задач:

— предкоррекция частотных искажений, вносимых трактом модуляции передатчика;

— уменьшение пик-фактора звуковых сигналов, что улучшает их разборчивость в шуме эфира, а также увеличивает среднюю глубину модуляции передатчика;

— создание индивидуального интонационного портрета радиостанции;

— создание тембра звучания радиопередач, приятного для слушателей;

— подготовка модулирующего сигнала к ограничению его полосы частот до 50...8000 Гц.

Наиболее простая реализация АМ-процессора — многополосный компрессор (семь или восемь частотных полос в интервале от 50 до 8000 Гц) с разными параметрами компрессии в каждой полосе. Частотные границы полос задают жёстко либо фильтрами одинаковой добротности (в этом случае получится семь полос), либо фильтрами с линейно нарастающей с повышением центральной частоты добротностью (в этом случае полос будет восемь). Последнее позволяет при монотонной фазовой характеристике более точно выстраивать тембральную кривую звучания выходного сигнала.

Нижние, средние и верхние частоты фильтров семиполосного процессора указаны в **табл. 2**. Их значения выбраны согласно положениям психоакустики. Они дают возможность регулировать интенсивность и насыщенность звуковых колебаний разных частот, ответственных в ассоциативном восприятии человека за те или иные эмоции и настроения. Семь частотных полос с различной компрессией в каждой — это минимальное их число, при котором можно выделять особенности женского и мужского голоса и интонации речи, делать звук приятным или раздражающим, ласковым, нежным или холодным, умиротворяющим или тревожным, доверительным или вызывающим сомнения в услышанном.

Таблица 2

Номер полосы		1	2	3	4	5	6	7
Частота, Гц	Нижняя	50	103	213	440	909	1876	3875
	Средняя	72	148	306	632	1306	2696	5568
	Верхняя	103	213	440	909	1876	3875	8000

ФНЧ с частотой среза 8 кГц. Полоса передаваемых звуковых сигналов 50...8000 Гц выбрана в соответствии с особенностями восприятия звуков человеческими ушами, положениями психоакустики. Она достаточна для естественной передачи звучания большинства музыкальных инструментов и вокала. В вещательных радиостанциях диапазонов длинных, средних и коротких волн она реализуется излучением 16K0A3EGN. В эфире такой сигнал занимает полосу шириной 16 кГц.

Из этих же соображений в диапазонах длинных и средних волн для вещательных радиостанций выбрана сетка рабочих частот с шагом 9 кГц (защитный интервал 2 кГц при размещении радиостанций через два шага сетки — 18 кГц).

За пределами полосы пропускания ФНЧ должен быть обеспечен резкий спад его АЧХ с затуханием не менее 46 дБ на частоте 9 кГц, где может находиться несущая какой-либо дальней радиостанции. Это достижимо с помощью LC-фильтра Кауэра не ниже шестого порядка.

Усилитель мощности звуковой частоты (УМЗЧ) должен обеспечивать среднюю выходную мощность 15...20 % выходной мощности передатчика и приблизительно 70 % этой мощности — пиковую. Если УМЗЧ выполнен на лампах [7—10], то коэффициент трансформации его выходного трансформатора должен быть выбран так, чтобы на пиках модуляции выходное напряжение УМЗЧ могло бы увеличиваться без искажений в 1,8...2 раза.

В случае использования УМЗЧ на транзисторах или интегральных схемах его мощность должна быть равна 70 % выходной мощности передатчика. Учитывая эту особенность, разумно рассмотреть вариант построения УМЗЧ для модулятора с двухтактной трансформаторной выходной ступенью на "токовых" телевизионных лампах и с предварительными ступенями на интегральных операционных усилителях и транзисторах. Для передатчиков мощностью до 50 Вт вполне подойдут и лампы 6П14П (EL84), а для более мощных — 6П3С (6L6GC, 5881 и КТ66).

Сумматор напряжения складывает напряжение питания анода и экранной сетки ламп выходной ступени передатчика с модулирующим напряжением. Существуют как последовательная, так и параллельная схемы суммирования. Последовательная проще и содержит меньше элементов, но при этом модуляционный трансформатор работает с подмагничиванием и на нём развивается напряжение, достигающее удвоенного, а на холостом ходу и утроенного постоянного анодного напряжения. Такие модуляционные трансформаторы, выполненные радиолюбителями в домашних условиях, склонны к пробоям, способным вызвать серьёзные повреждения конструкции передатчика вплоть до пожара. Параллельное суммирование требует вдвое больше намоточных изделий, но не имеет перечисленных недостатков. Мало того, оно позволяет использовать унифицированные дроссели и трансформаторы, выпускаемые серийно и имеющиеся в свободной продаже. Подробному описанию такого модулятора и методики его расчёта посвящена статья [11].

Источник питания анода и экранной сетки лампы выходной ступени передатчика может быть трансформаторным или импульсным. Его мощность должна быть достаточной для питания выходной ступени передатчика и, возможно, УМЗЧ. Для питания маломощных узлов следует использовать другой источник, поскольку этот, подвергаясь сильнейшим изменениям нагрузки при модуляции, не может обеспечить необходимую для этих узлов стабильность напряжения.

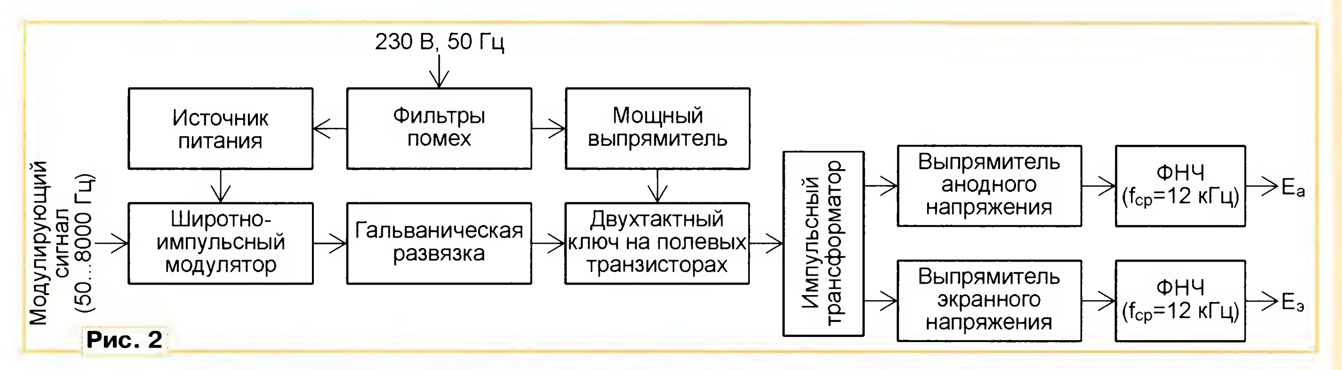


Рис. 2

При мощности модулятора 100 Вт и более напрашивается объединение источника питания выходной ступени передатчика, УМЗЧ и сумматора напряжения в импульсный источник питания с изменяющимися по закону модуляции выходными напряжениями. На **рис. 2** показана возможная структурная схема такого источника.

Сигнал модуляции, прошедший ФНЧ с частотой среза 8 кГц, поступает на широтно-импульсный модулятор. С его двухтактного выхода через узел гальванической развязки на двухтактный ключ на мощных полевых транзисторах поступают две смещённые на полпериода повторения последовательности прямоугольных импульсов с регулируемой по закону модуляции скважностью. Амплитуду этих импульсов, снимаемых с выходов ключей, повышают с помощью импульсного трансформатора до необходимых для получения анодного и экранного напряжения значений. Затем эти импульсы выпрямляют.

Ввиду отсутствия достаточно высоковольтных быстродействующих выпрямительных диодов, возможно, потребуется разделить вторичные обмотки импульсного трансформатора на несколько секций и предусмотреть для этих секций отдельные выпрямители. Нужное анодное и экранное напряжение получают в этом случае сложением выпрямленного напряжения нескольких секций.

Задача выходных ФНЧ — подавить помехи, частота которых лежит вблизи частоты преобразования и её гармоник, не исказив АЧХ модуляционного тракта. Поэтому частота среза этих ФНЧ должна быть как минимум в полтора раза выше максимальной частоты модуляции.

Частота преобразования должна быть выбрана достаточно высокой, чтобы ФНЧ могли эффективно подавить её не менее чем на 70 дБ. Для уменьшения комбинационных помех задающий генератор преобразователя должен быть синхронизирован с синтезатором рабочей частоты передатчика. При использовании синтезатора, описанного в [12], частота преобразования может быть равной 45 или 90 кГц.

Хоть такой модулятор и кажется сегодня слишком сложным, его разработка вполне доступна радиолюбителям высокой квалификации, не говоря уж о радиоинженерах, которые не прочь и дома взять в руки паяльник. Ведь в каждом компьютере имеются почти такие же устройства — импульсные блоки питания мощностью несколько сотен ватт. Они надёжны и производятся массово. Нужно только хорошо развязать сигнальные цепи от мощных транзисторов оптронами и намотать импульсный повышающий трансформатор с хорошей изоляцией между обмотками. Правда, такой импульсный источник-модулятор придётся очень хорошо экранировать и фильтровать входные и выходные цепи.

Синтезатор рабочей частоты должен обеспечить её относительную стабильность не хуже $2 \cdot 10^{-6}$, точность установки не хуже 5 Гц, перестройку с шагом 9 кГц в интервале 1449—1602 кГц. Синтезатор, описанный в [12], был разработан специально для этого. Он имеет мощный двухфазный выход (60 В, 0,4 А) и не требует предварительных ступеней усиления сигнала при построении АМ-передатчиков мощностью до 100 Вт в режиме несущей. В настоящее время автором ведётся разработка синтезатора с мощным четырёхфазным выходом (100 В, 2 А), предназначенного для вещательных передатчиков мощностью до 500 Вт. Он имеет отдельный высокостабильный ($5 \cdot 10^{-7}$) образцовый генератор, который описан в [13].

Выходную ступень передатчика можно выполнить на "токовых" лучевых тетродах 6П31С, 6П36С, 6П41С, 6П43П, 6П44С, 6П45С или на металлокерамических тетродах 6П37Н-В, ГС-36Б, ГУ-74Б в импульсных режимах классов D и F_{inv} с использованием параллельной схемы анодного питания и двойным П-контуром в качестве колебательной системы. Наиболее сложный узел выходной колебательной системы передатчика — катушка индуктивности. В статье [14] подробно изложено, как сделать такую катушку буквально из подручных средств, которые всегда есть у радиолюбителя.

Выходные ступени упомянутых выше синтезаторов рассчитаны на импульсное возбуждение перечисленных радиоламп по цепи катода. В первом случае поочерёдно открываются две лампы (двухфазное суммирование мощности в цепи анода), во втором случае — четыре лампы (двухфазно-двухтактное суммирование).

Использование ламп в выходной ступени вещательного передатчика обусловлено необходимостью его длительной работы в любых погодных условиях, в том числе во время сильного ветра, грозы и при наличии высоких потенциалов статического электричества на антенне и высоковольтных импульсных разрядов. При использовании транзисторов необходимы весьма сложные системы их защиты от неблагоприятных факторов, при использовании же ламп передатчик сильно упрощается.

Амплитудная модуляция производится в выходной ступени передатчика изменением анодного и экранного напряжения. Этот способ прост и наиболее энергетически выгоден. Физика работы и практические расчёты выходных ступеней передатчиков с анодно-экранной модуляцией подробно рассмотрены в [15].

Цепь согласования с антенной. Её первая задача — компенсация реактивной составляющей входного сопротивления антенны с помощью последовательно соединённых с ней удлинительной катушки индуктивности и "гирлянды" конденсаторов, отводы от точек соединения которых можно переключать. Для компенсации ёмкостной составляющей удлинительная катушка включается в цепь, а для компенсации индуктивной — исключается из неё. В обоих случаях компенсацию выполняют переключением конденсаторов "гирлянды". Ступенчатое согласование здесь вполне приемлемо, поскольку добротность антенного контура невелика, а оставшуюся "мелочёвку" выбирают П-контуром.

Вторая задача — трансформация активной составляющей входного сопротивления антенны в оптимальное сопротивление нагрузки выходной ступени передатчика. Для этого используют многопозиционный ёмкостный делитель напряжения, установленный на выходе П-контура в качестве его выходного конденсатора. Точную настройку выполняют переменным входным конденсатором П-контура.

Поскольку номенклатура антенн, используемых на средних волнах в любительских условиях, невелика, ёмкостный делитель, имеющий не более шести отводов, обеспечит работу с антеннами, имеющими активную составляющую входного сопротивления 18, 30, 50, 75, 150 и 300 Ом.

Такое построение выхода передатчика имеет интересное свойство. В результате перераспределения тока между выходной ёмкостью делителя напряжения и сопротивлением нагрузки при подключении к выводу "18 Ом" делителя нагрузки с меньшим активным сопротивлением (вплоть до 8,3 Ом) сохраняется почти неизменной выходная мощность. Устройство как бы само подстраивается под нагрузку. Эффект проявился при расчёте цепи согласования, затем был подтверждён при компьютерном моделировании и проверен на реальном передатчике.

Индикатор настройки антенны необходим для контроля настройки выходной колебательной системы передатчика на рабочую частоту и настройки цепи согласования с антенной на максимальную отдаваемую мощность. Состоит из ВЧ-трансформатора тока антенны, детектора и собственно индикатора. Поскольку точное измерение тока антенны и выходной мощности передатчика не требуется (да это и невозможно при неизвестном точно сопротивлении излучения антенны), нет смысла использовать измерительные приборы. Нужны простота наблюдения показаний и их наглядность по принципу "больше-меньше". С этой задачей неплохо справляются электронно-световые индикаторы настройки — радиолампы 6Е5С, 6Е1П или их зарубежные аналоги ЕМ11, ЕМ84.

О конструкции измерительного трансформатора и индикатора, специально разработанной для передатчиков индивидуального радиовещания, рассказано в [16].

Антенно-фидерная система. В диапазонах средних и длинных волн в радиовещании используют радиоволны вертикальной поляризации. Реализовать антенны с чистой вертикальной поляризацией излучения в бытовых условиях довольно сложно. Немногим под силу натянуть строго вертикально провод длиной 50 м вдали от окружающих предметов и зданий. Поэтому у большинства непрофессиональных антенн средних волн поляризация смешанная, с преобладанием горизонтальной.

В качестве материала для проволочного полотна антенны и её противовесов очень удобно использовать сталемедную проволоку БСМ-1 диаметром от 2,5 до 4 мм (оптимально — 3 мм). Она сочетает прочность стали на разрыв и высокую электропроводность поверхностного слоя меди толщиной 0,15...0,25 мм.

РАДИО® РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2015

Благодаря скин-эффекту высокочастотный ток течёт по медной поверхности провода, а его стальная сердцевина не портит работу антенны.

Вот, например, варианты антенн, которые целесообразно устанавливать в городе или на загородном участке:

— пологий наклонный луч (угол менее 40°) — провод длиной 35...50 м, закинутый на соседнее высокое дерево. Заземление — закопанное в землю ведро или железная бочка, стальная обсадная труба водоносной скважины или железный забор вокруг участка. Реактивная составляющая входного сопротивления — ёмкостная. Активная — в интервале 10...20 Ом;

— крутой наклонный луч (угол более 60°) — провод длиной 50, а то и 70 м, закреплённый за угол соседней многоэтажки или на высокую трубу местной котельной. Заземление — закопанная в землю стальная труба водопровода дачного посёлка. Реактивная составляющая входного сопротивления — индуктивная. Активная — в интервале 30...60 Ом;

— горизонтальная "трёххвостка" длиной 45...50 м между крышами соседних пятиэтажек — трёхпроводный луч, расходящийся узким веером от точки питания. Заземление — на заземляющий контур здания или на систему водопроводных труб. Реактивная составляющая входного сопротивления близка к нулю. Активная — около 20...30 Ом;

— наклонная "трёххвостка" длиной 45...50 м (угол 40...50°) с крыши пятиэтажки на крышу 17—22-этажного здания. Несколько горизонтальных противовесов на соседние пятиэтажки. Реактивная составляющая входного сопротивления близка к нулю. Активная — около 30...50 Ом;

— телескопический штырь высотой 24 м с ёмкостной "звёздочкой" из восьми лучей по 3 м каждый на конце. Заземление — на заземляющий контур здания и несколько горизонтальных противовесов по 50 м каждый. Если антенна стоит на земле, то заземление — четыре трёхдюймовые стальные трубы длиной по 3 м, вкопанные в землю вертикально в вершинах квадрата 10×10 м с антенной в центре и соединённые по диагоналям широкими медными лентами. Глубокие ямы для труб делают садовым буром с надставленной ручкой. Реактивная составляющая входного сопротивления — ёмкостная. Активная составляющая — 12...18 Ом;

— горизонтальный, немного провисающий провод длиной 85...100 м, натянутый на соседнее здание. Высота подвеса — 20...25 м. Заземление — заземляющий контур здания или система водопроводных труб. Реактивная составляющая входного сопротивления — индуктивная не более j150 Ом. Активная составляющая — 200...300 Ом. Вообще-то, активная составляющая входного сопротивления антенны-вибратора длиной полволны, запитанной с конца, в свободном пространстве должна достигать нескольких килоом. Но из-за низкого расположения (менее $\lambda/8$) и влияния земли она не будет более 300 Ом.

Этот перечень можно продолжать. Но в любом случае активная и реактивная составляющие входного сопротивления более-менее работоспособных антенн не превысят по абсолютному значению 300 Ом, а активная составляющая не упадёт ниже 12 Ом.

Все упомянутые антенны объединяет то, что их подключают к зажиму "Антенна" передатчика непосредственно или коротким отрезком провода. Фидер у них отсутствует. Разумеется, при этом шасси передатчика должно быть заземлено или к нему должна быть подключена система противовесов. Тем не менее следует предусмотреть возможность подключения к передатчику нагрузки коаксиальным фидером с волновым сопротивлением 50 или 75 Ом. Проводить измерения выходной мощности и побочных излучений следует в коаксиальном тракте.

Желающие могут промоделировать указанные антенны с помощью программы MMANA, задавшись проводимостью почвы 4 мСим/м для города и около 10 мСим/м для сельской местности в среднерусской полосе. Если поблизости есть болото или неглубоко грунтовые воды, можно смело брать от 20 до 50 мСим/м.

Система противовесов и заземление — неотъемлемая часть передающего комплекса средних волн. Сначала о противовесах. На средних волнах традиционно принято называть антеннами их активные вибраторы, поскольку все они весьма протяжённые и проволочные. При этом часто забывают, сам по себе вибратор излучать не может, а электромагнитное поле разворачивается в ближней зоне между вибратором и противовесами. О важности противовесов не лишне напомнить ещё раз.

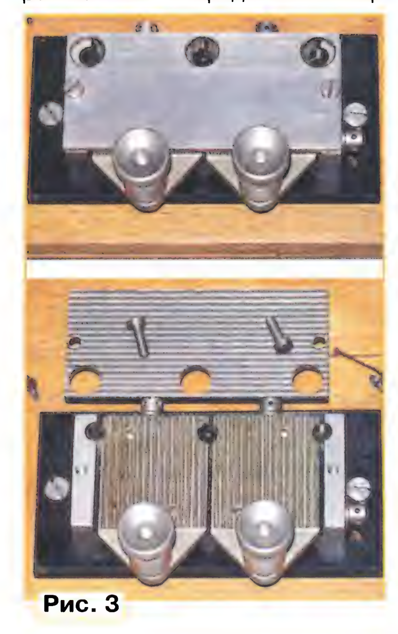


Рис. 3

Для эффективного излучения противовесы должны быть резонансными (длиной $\lambda/4$), расположенными горизонтально или наклонно под небольшим углом вниз от точки питания антенны. Например, если точка питания антенны расположена на крыше пятиэтажного дома, то противовесы могут опускаться с крыши вниз под углом 10...30°. На концах противовесов при работе передатчика имеется высокое высокочастотное напряжение (неоновая лампа рядом с ними ярко горит). Поэтому они должны заканчиваться гирляндами не менее чем из трёх изоляторов и через них крепиться оттяжками к невысоким столбам, деревьям или крышам одно-двухэтажных зданий, расположенным в радиусе 50...80 м от основания антенны. Категорически запрещено в качестве опор для крепления антенн или противовесов использовать конструктивные элементы линий электропередач. Это опасно для жизни.

Чем больше противовесов, тем ниже высокочастотное напряжение на конце каждого из них и тем меньше потери в антенной системе. В идеале эффективная передающая антенна должна иметь шесть—восемь противовесов. Но иногда бывает достаточно и двух.

Теперь о заземлении. Оно защищает передатчик и его оператора от высокого статического и импульсного напряжения (на протяжённых проволочных антеннах достигающего 250000 В), возникающего при сильном ветре и при грозовых разрядах. Кроме того, выполняя функцию противовеса, заземление увеличивает эффективность излучения. Заземление корпуса аппаратуры обеспечивает электробезопасность при возможных пробоях изоляции питающих и других высоковольтных цепей. Один из возможных вариантов заземления очень подробно рассмотрен в статье [17].

Реализовать функции защиты от статического электричества и атмосферных разрядов можно четырьмя способами:

1. Использовать в передатчике индуктивную связь антенны с колебательной системой, второй вывод катушки связи при этом должен быть соединён с зажимом "Заземление".

2. Соединить зажим "Антенна" с зажимом "Заземление" дросселем, имеющим на рабочей частоте индуктивное сопротивление в 10...15 раз больше сопротивления излучения антенны. Дроссель должен обеспечивать стекание с антенны статических зарядов. На практике достаточно его намотать проводом ПЭТВ-0,5.

3. Подключить между зажимами "Антенна" и "Заземление" передатчика шунтирующий резистор, например МЛТ-2, сопротивлением 20...30 кОм. Такое решение приемлемо для передатчиков мощностью до 10...15 Вт, работающих на низко расположенные антенны. Например, если антенна установлена ниже крыш высоких соседних зданий, они выполняют функцию молниеотводов. Резистор хорошо защищает от статических зарядов, но не всегда эффективен против импульсных наводок при близких грозовых разрядах.

4. Установить между зажимами "Антенна" и "Заземление" передатчика разрядник, пробивное напряжение которого ниже, чем номинальное напряжение выходного разделительного конденсатора. Учитывая электрическую прочность воздуха 3000 В/мм, при номинальном напряжении конденсатора 2500 В зазор в разряднике должен быть не более 0,8 мм. Желательно применять

РАДИО® РАДИОЛЮБИТЕЛЮ-КОНСТРУКТОРУ
тел. 607-88-18 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2015

разрядник с большим числом параллельных искровых промежутков, как это делалось, например, в телеграфных аппаратах Морзе, которые работали в СССР на железнодорожном транспорте до середины 60-х годов прошлого века (**рис. 3**).

Монитор своего передатчика — громкоговорящий детекторный приёмник, настроенный на рабочую частоту вещания. Он питается энергией поля передающей антенны и начинает работать автоматически с включением передатчика. Необходим для контроля качества сигнала, вышедшего в эфир. Закон о СМИ требует записывать и хранить копии всех выпущенных в эфир передач в течение месяца, а в случае использования радиостанции индивидуального радиовещания для оповещения населения при устранении чрезвычайной ситуации — в течение года. Поэтому монитор просто необходим. Один из его вариантов описан в статье [18]. Там же даны рекомендации по его установке и применению для контрольной записи радиопередач.

Рекордер контрольной записи радиопередач может быть либо самостоятельным промышленным устройством, либо программой на компьютере, работающей на запись параллельно с вещанием через вторую звуковую карту. Главное, чтобы в его памяти уместились все радиопередачи, сделанные за месяц. Записывать вещательный АМ-сигнал имеет смысл в один монофонический канал с 16-разрядной оцифровкой при частоте квантования 22,05 кГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Комаров С.** Любительское (свободное) радиовещание: история, проблемы, возможности. — Broadcasting — Телевидение и радиовещание, 2006, № 2, с. 56, 57. — URL: **http://www.cqf.su/arb_step1.html** (13.07.15).
2. ГОСТ Р 51742-2001. "Передатчики радиовещательные стационарные с амплитудной модуляцией диапазонов низких, средних и высоких частот. Основные параметры, технические требования и методы измерений". — URL: **http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51742-2001** (11.07.15).
3. Решение Государственной комиссии по радиочастотам при Минкомсвязи России от 24 мая 2013 г. № 13-18-03 "Об утверждении Норм 17-13, Норм 18-13, Норм 19-13, Норм 24-13". — URL: **http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70302998/** (11.07.15).
4. **Комаров С.** Строительство студий. — URL: **http://www.radiostation.ru/begin/studios.html** (30.06.15).
5. **Комаров С.** Оснащение студий. — URL: **http://www.radiostation.ru/begin/studios2.html** (30.06.15).
6. Shure SM7B. Руководство пользователя. — URL: **http://www.attrade.ru/cat_files/sm7b.pdf** (30.06.15).
7. **Комаров С.** Ламповые УМЗЧ на трансформаторах ТАН. — Радио, 2005, № 5, с. 16—20.
8. **Комаров С.** УМЗЧ на "телевизионных" лампах с трансформаторами ТН. — Радио, 2005, № 12, с. 20—22; 2006, № 1, с. 18, 19.
9. **Комаров С.** Дифференциальный выходной трансформатор в двухтактных ламповых УМЗЧ. — Радио, 2006, № 4, с. 16—19; № 5, с. 16—18.
10. **Комаров С.** Ламповый оконечный двухтактный усилитель на 6Н23П и 6П43П. — Радио, 2008, № 8, с. 49, 50; № 9, с. 45—48; № 10, с. 47, 48.
11. **Комаров С.** Параллельный анодно-экранный модулятор. — Радио, 2015, № 4, с. 30—33.
12. **Комаров С.** Средневолновый радиовещательный синтезатор частоты. — Радио, 2012, № 9, с. 19—23; № 10, с. 21—23.
13. **Комаров С.** Генератор двух образцовых частот для синтезаторов вещательных передатчиков. — Радио, 2014, № 6, с. 23—25.
14. **Комаров С.** Самодельные ребристые каркасы для катушек передатчика. — Радио, 2015, № 5, с. 33.
15. **Агафонов Б. С.** Теория и расчёт радиотелефонных режимов генераторных ламп. — М.: Советское радио, 1955. — URL: **http://www.radiostation.ru/home/books/Telefonnye_rezhimy_generatornyh_lamp.djvu** (30.06.15).
16. **Комаров С.** Индикатор настройки передатчика на основе "зелёного глаза". — Радио, 2015, № 7, с. 30, 31.
17. **Комаров С.** Устройство заземления для средневолновой передающей антенны индивидуального радиовещания. — URL: **http://www.cqf.su/technics8-1.html** (30.06.15).
18. **Комаров С.** Детекторный монитор СВ радиовещательного передатчика. — Радио, 2015, № 8, с. 29—31.

Микроконтроллерное устройство управления микродрелью

А. САВЧЕНКО, пос. Зеленоградский Московской обл.

Многие радиолюбители для сверления отверстий в печатных платах пользуются ручными микродрелями с коллекторными электродвигателями, питаемыми постоянным напряжением 12...27 В. Предлагаемое устройство управления такой дрелью обеспечивает все необходимые режимы её работы, просто в изготовлении и не требует налаживания.

Тема удобства работы с микродрелью регулярно поднимается в различных электронных и печатных изданиях по радиолюбительской тематике. При этом абсолютное большинство авторов считает необходимым и достаточным, чтобы микродрель плавно стартовала в момент включения питания, на холостом ходе (в отсутствие нагрузки на вал) работала с пониженной частотой вращения, автоматически увеличивала частоту вращения до максимальной с началом сверления и автоматически снижала её до частоты холостого хода по его завершении. Блок управления дрелью должен быть простым и легко повторяемым.

Практически ежегодно на страницах журнала "Радио" появляются статьи [1—3], авторы которых предлагают устройства различной сложности, придающие микродрели указанные полезные свойства. Однако в большинстве своём они построены по аналоговому принципу, ввиду чего к характеристикам отдельных компонентов предъявляются довольно жёсткие требования, ухудшается повторяемость конструкции и усложняется налаживание. Работа регулирующего транзистора в активном режиме требует отводить от него много тепла, что увеличивает габариты устройства.

В последние годы радиолюбители начали разрабатывать подобные устройства и на базе цифровой техники, которые лишены недостатков, присущих аналоговым собратьям. Примером может служить блок управления микродрелью, описанный в [4], обладающий хорошей функциональностью, однако не лишённый ряда недостатков. Схема блока слишком сложна для устройств такого назначения. Необходима точная подборка ряда компонентов. В память микроконтроллера при его программировании необходимо записать точные значения сопротивления нескольких резисторов блока и параметры электродвигателя. Всё это может затруднить повторение конструкции, особенно начинающими радиолюбителями.

Предлагаемое устройство управления микродрелью построено, как и описанное в [4], на микроконтроллере, однако существенно проще в изготовлении и налаживании, не требует точной подборки компонентов и вместе с тем удовлетворяет всем перечисленным выше требованиям. Его легко адаптировать к микродрелям с электродвигателями, отличающимися от применённого автором как номинальным напряжением питания, так и мощностью.

Схема устройства изображена на **рис. 1**. При холостом ходе электродвигатель микродрели M1 питается импульсным напряжением. Частота следования импульсов — около 1 кГц, а их длительность (и, следовательно, среднее значение питающего двигатель напряжения) программа микроконтроллера DD1 позволяет изменять в широких пределах. Импульсы, сформированные микроконтроллером на выводе 17, усиливают для подачи на двигатель M1 транзисторы VT1 и VT2. Вал двигателя вращается тем быстрее, чем больше эффективное значение питающего двигатель напряжения, которое у последовательности однополярных прямоугольных импульсов совпадает со средним.

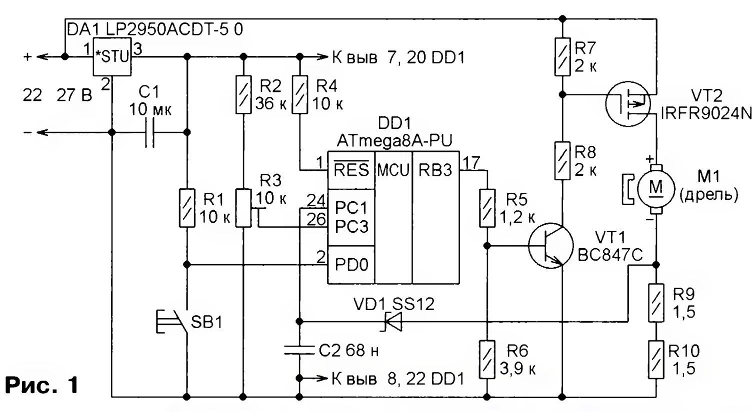


Рис. 1

Во время сверления микроконтроллер устанавливает на выводе 17 постоянный высокий уровень напряжения. Поэтому транзистор VT2 открыт, а на двигатель M1 поступает полное постоянное напряжение питания.

Ток, протекающий через двигатель, вызывает падение напряжения на резисторах обратной связи R9 и R10. Импульсы, снимаемые с этих резисторов, пиковый детектор на диоде VD1 с запоминающим конденсатором C2 превращает в равное их амплитуде постоянное напряжение. С конденсатора C2 оно поступает на вывод 24 микроконтроллера — вход одного из каналов его АЦП. Программа микроконтроллера анализирует значение этого напряжения и принимает решение о необходимом режиме работы двигателя.

Чем больше постоянная времени разрядки конденсатора C2, тем лучше он устраняет импульсную составляющую напряжения обратной связи, однако тем медленнее устройство реагирует на уменьшение тока двигателя по окончании сверления. В рассматриваемом случае эта постоянная времени равна приблизительно 15...20 мс и зависит в основном от тока утечки закрытого диода VD1.

На **рис. 2** в несколько упрощённом виде изображён график изменения напряжения на конденсаторе C2 (на входе АЦП микроконтроллера). Импульсы тока протекают через двигатель и включённые с ним последовательно резисторы обратной связи по току R9 и R10. Импульсы напряжения, падающего на этих резисторах, заряжают конденсатор C2 до напряжения U_1. Следует заметить, что на холостом ходу это напряжение довольно значительно (около 1 В). Это обусловлено тем, что скорость вращения ротора двигателя в режиме холостого хода установлена небольшой. Следовательно, незначительна и пропорциональная частоте вращения противоЭДС двигателя, в результате чего велика амплитуда текущих через него импульсов тока.

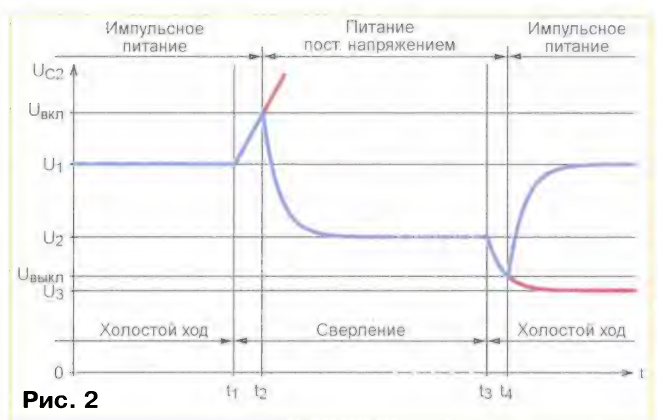


Рис. 2

В момент времени t_1 начинается процесс сверления. С ростом нагрузки на сверло частота вращения уменьшается, а вместе с ней и противоЭДС двигателя. Амплитуда импульсов тока растёт, а с ним и напряжение на конденсаторе C2. Программа сравнивает его с

РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2015

$U_{вкл}$ — заданным порогом включения режима сверления.

В момент времени t_2, как только пороговый уровень будет превышен, она увеличит до максимума коэффициент заполнения формируемых импульсов. Это превратит импульсное напряжение питания двигателя в постоянное, практически равное напряжению источника питания. Частота вращения ротора станет быстро расти, а ток двигателя и напряжение на конденсаторе C2 уменьшатся вследствие роста противоЭДС. По завершении этого процесса напряжение на конденсаторе C2 станет равным U_2, значительно меньшим U_1.

В момент времени t_3 (по завершении сверления) нагрузка на вал двигателя резко уменьшается, вследствие чего частота вращения его ротора увеличивается, а напряжение на входе АЦП вследствие дальнейшего роста противоЭДС двигателя уменьшается, стремясь к установившемуся значению U_3.

Однако в момент времени t_4 оно сравняется с $U_{выкл}$ — порогом выключения режима сверления. Программа вновь сделает напряжение питания двигателя импульсным, частота вращения ротора двигателя упадёт, а напряжение на конденсаторе C2 возрастёт до U_1. Теперь дрель снова работает в режиме холостого хода и готова к следующему циклу сверления.

Расскажем о том, откуда программа получает информацию о заданной частоте вращения в режиме холостого хода и значения порогов. В ней предусмотрен режим установки параметров, в который входят нажатием на кнопку SB1 и её удержанием нажатой не менее секунды.

Не отпуская кнопку, желательную частоту вращения ротора двигателя при холостом ходе устанавливают подстроечным резистором R3. Эта процедура выполняется в реальном масштабе времени. Ещё один канал АЦП микроконтроллера преобразует напряжение с движка подстроечного резистора R3 в код, который задаёт коэффициент заполнения питающих двигатель импульсов, что изменяет частоту вращения его ротора. Установив нужную частоту, кнопку SB1 отпускают. Программа записывает выходной код АЦП в EEPROM и переходит к вычислению порогов $U_{вкл}$ и $U_{выкл}$.

Так как текущее значение частоты вращения двигателя после отпускания кнопки SB1 соответствует холостому ходу, программа измеряет напряжение U_1 и вычисляет порог включения режима сверления:

$$U_{вкл} = 1{,}17 \cdot U_1.$$

Полученное значение она записывает в EEPROM.

Далее программа увеличивает частоту вращения двигателя, плавно доводя коэффициент заполнения формируемой импульсной последовательности до 100 %, после чего замеряет напряжение U_3 и вычисляет порог выключения режима сверления:

$$U_{выкл} = 1{,}1 \cdot U_3.$$

Полученное значение она также записывает в EEPROM.

На этом установка параметров завершается, и происходит повторный старт управляющей программы. На её первых шагах происходит выборка из EEPROM трёх упомянутых выше значений для их дальнейшего использования в программе. Затем частота вращения ротора двигателя плавно увеличивается от нуля до заданной для холостого хода.

Таким образом, значения порогов не задаются пользователем, а формируются самой программой с учётом реальных характеристик двигателя, значений питающего напряжения и сопротивления обратной связи. Иначе говоря, устройство самонастраивается под конкретные условия и поэтому не требует точной подборки сопротивления обратной связи в отличие от ряда подобных конструкций.

Повторная установка параметров потребуется лишь при необходимости изменить прежнюю частоту вращения ротора двигателя на холостом ходу либо при замене двигателя или микродрели целиком.

Элементы устройства размещены на односторонней печатной плате размерами 44×45 мм, изображённой на **рис. 3**. Применены в основном элементы для поверхностного монтажа — конденсаторы и постоянные резисторы типоразмера 1206 с допустимым отклонением ёмкости или сопротивления от номинала до ±10 %. Выводы кнопки SB1 и подстроечного резистора R3 монтируют в отверстия. Для микроконтроллера DD1 на плате установлена панель SCS-28, из которой удалены почти все неиспользуемые гнёзда. До установки микроконтроллера в панель коды из файла Drel.hex должны быть загружены в его программную память, а конфигурация запрограммирована согласно **таблице**.

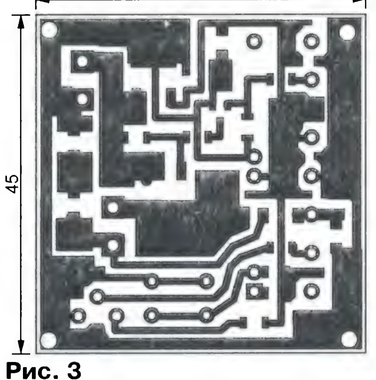
Возможности транзистора IRFR9024N достаточны для управления электродвигателем с потребляемым под нагрузкой током до 2...3 А (значительно мощнее применённого автором двигателя ДПМ-30), но с увеличением мощности двигателя значительно возрастёт и мощность, рассеиваемая резисторами R9 и R10. Размеры посадочных мест для них на печатной плате с учётом этой возможности выбраны такими, что позволяют устанавливать резисторы типоразмеров вплоть до 2512.

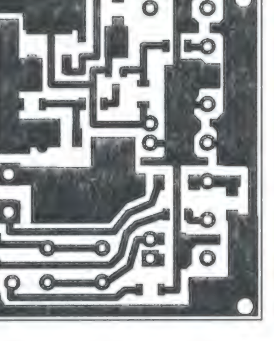
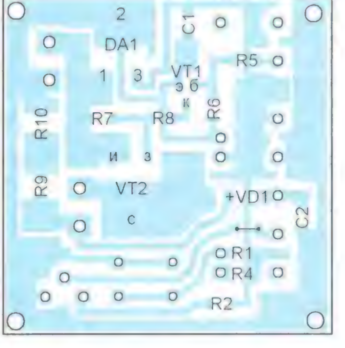
Резисторы обратной связи — единственные элементы, сопротивление которых зависит от мощности электродвигателя микродрели. Падение напряжения на них не должно выходить за пределы допустимого для АЦП микроконтроллера интервала. Рассчитать это сопротивление можно по формуле

$$R9 = R10 = \frac{U_3}{2 \cdot I_0},$$

где U_3 (см. рис. 2) — суммарное падение напряжения на резисторах обратной связи при номинальном напряжении питания и ненагруженном двигателе; I_0 — ток двигателя при тех же условиях. Принимая U_3 равным 0,2...0,3 В, получим

$$R9 = R10 = \frac{0{,}1...0{,}15}{I_0}.$$



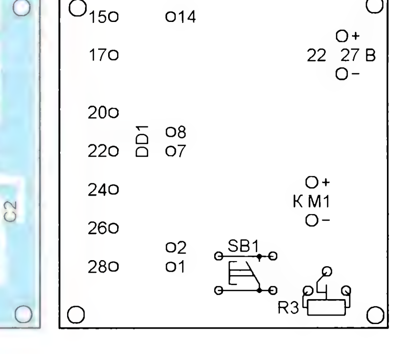


Рис. 3

Каждый резистор должен выдерживать мощность не менее

$$P = R \cdot I_p^2,$$

где R=R9=R10; I_p — ток нагруженного двигателя (в процессе сверления).

Если значение тока указать в амперах, то сопротивление будет получено в омах, а мощность — в ваттах.

Питать микродрель с описанным устройством можно от стабилизированного или нестабилизированного источника постоянного напряжения с конденсатором большой ёмкости, подключённым параллельно выходу. В авторском варианте использован нестабилизированный источник напряжения 24 В с конденсатором ёмкостью 1000 мкФ на выходе. Питающее напряжение с учётом пульсаций не должно превышать 30 В ни

Разряд	Сост.	Разряд	Сост.
RSTDISBL	1	BODLEVEL	1
WDTON	1	BODEN	1
SPIEN	0	SUT1	0
CKOPT	1	SUT0	1
EESAVE	1	CKSEL3	0
BOOTSZ1	0	CKSEL2	1
BOOTSZ0	0	CKSEL1	0
BOOTRST	1	CKSEL0	0

при каких обстоятельствах. Амплитуда импульсов на затворе транзистора VT2 должна лежать в пределах 10...15 В.

Транзистор BC847C можно заменить любым маломощным биполярным транзистором структуры n-p-n с допустимым напряжением коллектор—эмиттер не менее 35 В. Такому же требованию должно удовлетворять допустимое напряжение сток—исток полевого транзистора, подбираемого для замены IRFR9024N. Кроме того, он должен иметь максимальный ток стока не менее 5 А и сопротивление открытого канала не более 0,17 Ом (чем меньше, тем лучше). Диод SS12 можно заменить на SS14—SS16 .

Сложнее всего обстоит дело с подбором замены для интегрального стабилизатора LP2950ACDT-5.0. Хотя потребляемый от него ток не превышает 10 мА, однако почти все распространённые микросхемы маломощных стабилизаторов напряжения с выходным напряжением 5 В не допускают подавать на них входное напряжение выше 15...20 В, а требуется стабилизатор с допустимым входным напряжением не менее 30 В. При отсутствии микросхемы, удовлетворяющей этому требованию, рекомендуется применить две ступени стабилизации, соединив последовательно микросхемы 78L12 и 78L05, как показано на **рис. 4**.

Такой составной стабилизатор не потребует увеличения габаритов печатной платы, однако потребует изменения топологии проводников на ней. Следует иметь в виду, что и замена других элементов их аналогами тоже может потребовать переделки платы.

Предлагаемое устройство можно использовать и для управления микродрелью с другим напряжением питания, например 12 В. Единственное обязательное изменение для его адаптации к такому напряжению — замена резистора R8 перемычкой. Это необходимо, чтобы увеличить амплитуду открывающих импульсов на затворе транзистора VT2. Если этого не сделать, он может перегреться и выйти из строя.

Других обязательных изменений нет, но можно, например, использовать в качестве DA1 один из распространённых интегральных стабилизаторов напряжения +5 В с предельным входным напряжением 15 В. Приведённые выше требования к предельному напряжению транзисторов тоже снижаются вдвое, что расширяет круг возможных замен.

Адаптация устройства к ещё меньшему напряжению питания (6...9 В) потребует применения в качестве VT2 полевого транзистора, надёжно открывающегося при напряжении затвор—исток, не превышающем по абсолютному значению $U_{пит}$–1 В, где $U_{пит}$ — напряжение питания устройства.

Несколько слов о том, необходимо ли предусматривать возможность регулировки частоты вращения сверла на холостом ходу. Это должна быть минимальная частота, с которой оно вращается устойчиво, не останавливаясь при резком увеличении механической нагрузки с началом сверления.

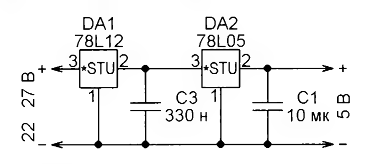
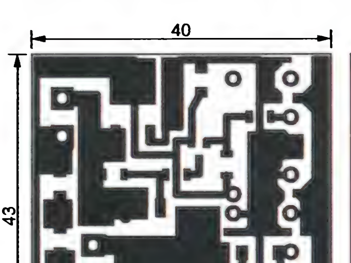


Рис. 4



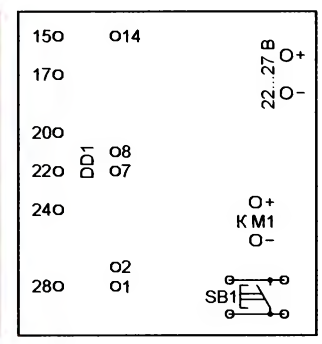


Рис. 5

В аналоговых устройствах управления электродрелью наличие такого регулятора оправдано. В них частота вращения на холостом ходу может существенно отличаться от образца к образцу при установке регулятора в одинаковое положение. Это связано с существенным влиянием на неё разброса параметров элементов устройства. Более того, частота холостого хода может существенно "плавать" при изменении температуры.

В микроконтроллерном регуляторе такое влияние практически отсутствует. Становится заманчивым заранее определить оптимальную частоту вращения и задать её в программе. Тогда органы регулировки частоты и связанные с ними фрагменты программы микроконтроллера можно будет удалить. Правда, такая программа обеспечит правильную работу только однотипных электродвигателей, под другие её придётся корректировать. Но такая корректировка потребуется только при замене электродрели на имеющую другой двигатель, что происходит далеко не каждый день. Да и сводится она к подборке всего одной константы.

Конечно, и в этом случае разброс частоты холостого хода от образца к образцу будет иметь место. Теперь он обусловлен только разбросом характеристик самих электродвигателей и весьма невелик, если речь не идёт о двигателях от детских игрушек или изъятых из каких-либо устройств после длительной эксплуатации. Автор проверял изготовленное устройство, не регулируя частоту вращения холостого хода, с четырьмя микродрелями, оснащёнными двигателями ДПМ-30 разных лет выпуска. Результат подтвердил ожидания — субъективно изменений в работе микродрелей не отмечено. Если разброс и имел место, то был крайне мал.

Устройство без регулировки частоты вращения можно собрать на печатной плате, изображённой на **рис. 5**. По схеме оно отличается от ранее рассмотренного только отсутствием двух резисторов — постоянного R2 и подстроечного R3. Нумерация оставшихся элементов соответствует рис. 1. Программа микроконтроллера для этого варианта носит название Drel_s.

При использовании этой версии программы для установки параметров необходимо нажать и удерживать в течение секунды кнопку SB1, а затем отпустить её. Далее программа выполнит все необходимые действия самостоятельно.

Частоту холостого хода в программе задаёт оператор присваивания Wxx=60, помеченный меткой 100 и находящийся в начальной части исходного текста программы (файла Drel_s.bas). Число в правой части оператора можно изменять от 0 (ротор не вращается) до 255 (максимальная частота вращения). После любого изменения в исходном тексте программу необходимо оттранслировать заново и загрузить в микроконтроллер коды из полученного HEX-файла.

Программу Drel_s можно загрузить и в микроконтроллер первого варианта устройства. В этом случае подстроечный резистор R3 действовать не будет.

Конфигурация микроконтроллера для работы с программой Drel_s не отличается от предназначенной для работы с программой Drel.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Саглаев С.** Удобная микродрель. — Радио, 2009, № 9, с. 29.

2. **Глибин С.** Приставка для управления микродрелью. — Радио, 2010, № 7, с. 30.

3. **Гуреев С.** Устройство питания сверлилки. — Радио, 2011, № 5, с. 33.

4. **Дымов А.** Блок управления микродрелью. — Радио, 2013, № 4, с. 24.

__От редакции__. Файлы печатных плат в формате Sprint Layout 5.0 и программы микроконтроллера имеются по адресу ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/09/drel.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

РАДИО® РАДИОЛЮБИТЕЛЬСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ
тел. 607-88-18 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2015

Бесконтактное ЗУ для радиоприёмника

И. НЕЧАЕВ, г. Москва

В статье предложен вариант бесконтактного зарядного устройства на основе ЗУ сотового телефона для малогабаритного радиоприёмника.

Для большего удобства зарядки аккумуляторных батарей в малогабаритных карманных устройствах, например радиоприёмниках, можно применить бесконтактный способ. Для этого необходим генератор импульсов, к выходу которого подключают так называемую "передающую" катушку. В радиоприёмнике потребуется установка "приёмной" катушки, выпрямителя и элементов индикации. При размещении катушек близко друг к другу они образуют трансформатор, энергия из первой поступает во вторую и используется затем для зарядки аккумуляторной батареи. По такому принципу работают так называемые беспроводные зарядные устройства (хотя без проводов им, конечно, не обойтись), которые применяются всё более широко.

Описания бесконтактных ЗУ для фонарей были опубликованы ранее в журнале [1, 2]. У них в качестве генератора импульсов применён генератор от электронного балласта компактной люминесцентной лампы. Но в качестве такого генератора подойдёт и штатное ЗУ сотового телефона, если, конечно, оно собрано по схеме импульсного преобразователя напряжения.

Схема бесконтактного ЗУ показана на **рис. 1**. Для примера, оно было встроено в малогабаритный УКВ ЧМ-радиоприёмник, питающийся от двух гальванических элементов типоразмера ААА. В этом радиоприёмнике достаточно места для размещения вторичной обмотки трансформатора Т2 и остальных элементов ЗУ. Первичную обмотку этого трансформатора подключают к выходной обмотке импульсного трансформатора Т1 ЗУ сотового телефона до выпрямителя на диоде VD1. Во всех импульсных ЗУ имеется встроенный узел стабилизации выходного постоянного напряжения. Поэтому амплитуда импульсов на вторичной обмотке трансформатора Т1, а значит, и на первичной обмотке трансформатора Т2 будет стабильной.

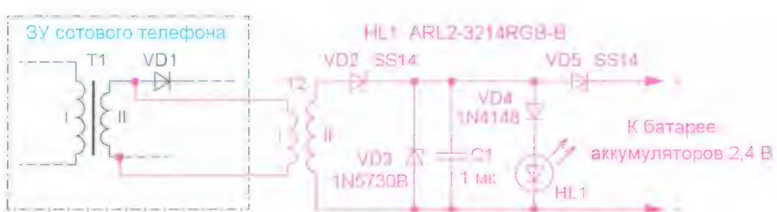


Рис. 1

Импульсы напряжения вторичной обмотки трансформатора Т2 выпрямляет диод VD2, а пульсации выпрямленного напряжения сглаживает конденсатор С1. Стабилитрон VD3 ограничивает напряжение на выходе выпрямителя. Диод VD5 предотвращает разрядку батареи через элементы ЗУ. Индикатором зарядки аккумуляторной батареи служит мигающий трёхцветный светодиод HL1 [3]. Когда батарея разряжена, напряжения на светодиоде не хватает для включения всех его кристаллов и вспыхивают только красный и неярко — зелёный. По мере зарядки батареи напряжение растёт, и когда оно достигнет номинального значения, начинает вспыхивать синий. С помощью установки диода VD4 (двух-трёх кремниевых или Шотки) можно изменить напряжение, при котором вспыхивают те или иные кристаллы.

Вторичная ("приёмная") катушка трансформатора Т2 содержит 25...30 витков провода ПЭВ-2 0,1. Она намотана на прямоугольной оправке размерами 12×45 мм и размещена внутри корпуса радиоприёмника на его задней стенке — там, где нет крышки батарейного отсека, и затем с помощью термоклея закреплена (**рис. 2**). Светодиод HL1 устанавливают в отверстие в корпусе, и к его выводам припаивают остальные элементы. После проверки и налаживания их закрепляют термоклеем. Применён конденсатор для поверхностного монтажа.

Для фиксации радиоприёмника на корпус ЗУ сотового телефона с помощью клея "Момент" приклеен держатель—зажим, изготовленный из пружинящей пластмассы толщиной 1 мм (**рис. 3**). Он охватывает радиоприёмник и обеспечивает его фиксацию в положении, при котором катушки трансформатора Т2 будут напротив друг друга. "Проваливаться" радиоприёмнику не даёт его штатная клипса, расположенная на задней стенке.

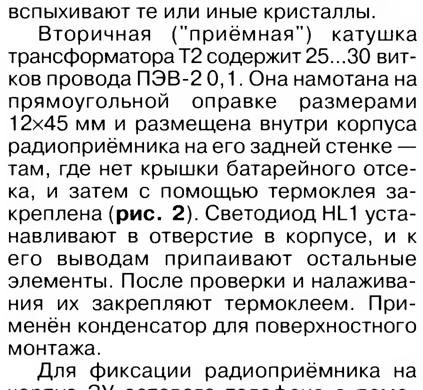


Рис. 2

Рис. 3

Рис. 4

На держателе размещена первичная обмотка трансформатора T2, содержащая 12...15 витков провода ПЭВ-2 0,2 на той же оправке (**рис. 4**). Катушка приклеена небольшим количеством клея "Момент" строго напротив катушки вторичной обмотки этого трансформатора. После налаживания для защиты от механических повреждений её покрывают тонким слоем эпоксидного клея.

Перед тем как монтировать катушки трансформатора T2 и остальные элементы ЗУ, следует провести предварительную проверку и налаживание. Для начала к выходу трансформатора T1 подключают катушку первичной обмотки трансформатора T2 и наблюдают за работой ЗУ. В течение 10...15 мин оно не должно сильно нагреваться. Затем на макетной плате или навесным монтажом устанавливают остальные элементы ЗУ (временно без светодиода) и размещают обмотки трансформатора T2 друг над другом через пластмассовую прокладку толщиной, равной толщине задней стенки корпуса радиоприёмника. Подключают к ЗУ аккумуляторную батарею и измеряют ток зарядки. Поскольку возможны два варианта подключения первичной обмотки трансформатора T2 к выходной трансформатора T1, выбирают тот, при котором зарядный ток больше. Подборкой числа витков первичной и вторичной обмоток (в пределах ±2...3 витков) добиваются требуемого тока. Затем, подключив разряженную батарею, подборкой числа и типов диодов, включённых последовательно с диодом VD4, добиваются мигания кристаллов красного и зелёного цветов. При подключении полностью заряженной батареи должны вспыхивать все кристаллы, и яркость их вспышек запоминают, чтобы затем по ним определить степень зарядки.

Если предполагается встраивать такое ЗУ в другие устройства, необходимо учитывать, что с уменьшением диаметра катушек число витков необходимо увеличивать, и наоборот. Кроме того, крышка, на которой установлена "приёмная" катушка, не должна быть токопроводящей (металлической или металлизированной).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Нечаев И.** Бесконтактное зарядное устройство. — Радио, 2015, № 4, с. 34—36.

2. **Нечаев И.** Бесконтактное зарядное устройство-2. — Радио, 2015, № 7, с. 37, 38.

3. **Нечаев И.** Мигающие светодиоды — индикаторы напряжения. — Радио, 2015, № 2, с. 47.

***От редакции**. Видеоролик, иллюстрирующий работу устройства, находится по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/09/zu.zip** на нашем FTP-сервере.*

Универсальный ЭПРА с "тёплым" стартом для люминесцентных ламп Т8

В. ЛАЗАРЕВ, г. Вязьма Смоленской обл.

Автор предлагает конструкцию электронного пускорегулирующего аппарата для люминесцентных ламп Т8, собранную на специализированной микросхеме ICB1FL02G. Устройство оснащено активным корректором мощности, осуществляет защиту от аварийных режимов и имеет семь различных вариантов подключения ламп различной мощности.

ЭПРА — электронный пускорегулирующий аппарат, часто называемый электронным балластом, служит для розжига и поддержания рабочего режима газоразрядных ламп (в данном случае — люминесцентных). Преимущества электронного балласта перед обычным дросселем и стартёром очевидны, это и отсутствие мерцания ламп при запуске, и более высокий коэффициент мощности, и значительно более низкий коэффициент пульсаций светового потока, а также более низкая стоимость и т. д. В наше время практически каждый люминесцентный светильник, будь то офисный или домашний, оснащён электронным балластом. По схемотехнике массово выпускаемые промышленностью электронные балласты можно поделить на две категории. Первая — это полумостовой преобразователь с автозапуском на двух мощных высоковольтных транзисторах серии 13007 с пассивным корректором мощности. Балласты этого типа самые недорогие и распространённые, работают на частоте 36...38 кГц. Вторая — более дорогие ЭПРА, собранные на специализированных микросхемах, имеют активный корректор мощности и функцию "тёплого" старта. Они обычно имеют частоту генератора 36...48 кГц и отличаются очень низким коэффициентом пульсаций светового потока — 2...5 %. Для сравнения: у лампы, включённой с обычным дросселем и стартёром, пульсации светового потока приблизительно равны 40...60 %, с дешёвым электронным балластом — около 15 %. О варианте ЭПРА на специализированной микросхеме и пойдёт речь в этой статье.

Основные технические характеристики

Входное переменное напряжение, В	110...250
Максимальный потребляемый ток (4 лампы по 18 Вт), мА	330...350
Коэффициент мощности (4 лампы по 18 Вт), не менее	0,98
Коэффициент пульсаций светового потока, %, не более	5
КПД, не менее	0,9
Частота предварительного прогрева, кГц	55
Частота розжига, кГц	48
Рабочая частота, кГц	41

Балласт собран на специализированной микросхеме-контроллере электронного балласта люминесцентных ламп — ICB1FL02G, разработанной фирмой Infineon. Балласты на этой микросхеме схожи по схемотехнике с балластами на микросхемах фирмы International Rectifier, например, IR2168, IR2166, но требуют меньшего числа внешних элементов и, как показала практика, более стабильны и надёжны (это субъективное мнение автора).

Схема устройства приведена на **рис. 1**. Основная его отличительная особенность — семь конфигураций (вариантов) подключения ламп: 1×18 (одна люминесцентная лампа типа Т8 мощностью 18 Вт), 1×36, 1×58, 2×18, 2×36, 3×18, 4×18 (**рис. 2**). Подробное описание работы микросхемы приведено в [1]. Работу балласта можно разделить на три этапа: предварительный прогрев катодов лампы, розжиг и рабочий режим. Предварительный прогрев реализован так. Сразу же после включения тактовый генератор микросхемы начинает работать на частоте около 125 кГц. Через 10 мс его частота плавно уменьшается до 65 кГц — это частота предварительного прогрева, которую задают резистором R22. Это значение гораздо выше резонансной частоты выходного балластного контура L2C14, поэтому прикладываемое к катодам ламп напряжение будет недостаточным для их розжига. Начинается предварительный прогрев ламп, длительность которого задают резистором R26 и выбирают в пределах от 0 до 2 с (в нашем случае — 1 с). В течение этого времени частота остаётся неизменной. За время предварительного прогрева катоды ламп достаточно прогреются высокочастотным током, а газ в лампах начнёт частично ионизироваться. В итоге последующий розжиг пройдёт в менее "стрессовом" режиме для нитей ламп и с меньшими бросками тока через транзисторы VT2, VT3. Функция предварительного прогрева значительно, иногда в несколько раз, увеличивает срок службы люминесцентной лампы.

По истечении времени предварительного прогрева в следующие 40 мс частота тактового генератора микросхемы снова станет понижаться. По мере её приближения к резонансной частоте контура L2C14 напряжение, прикладываемое с обкладок конденсатора C14 к катодам ламп, начнёт резко возрастать и при достижении 600...800 В произойдёт розжиг. Если в этот момент напряжение на датчике тока — резисторе R27 достигнет порога 0,8 В, а это

РАДИО® ИСТОЧНИКИ ПИТАНИЯ
тел. 607-88-18 Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2015

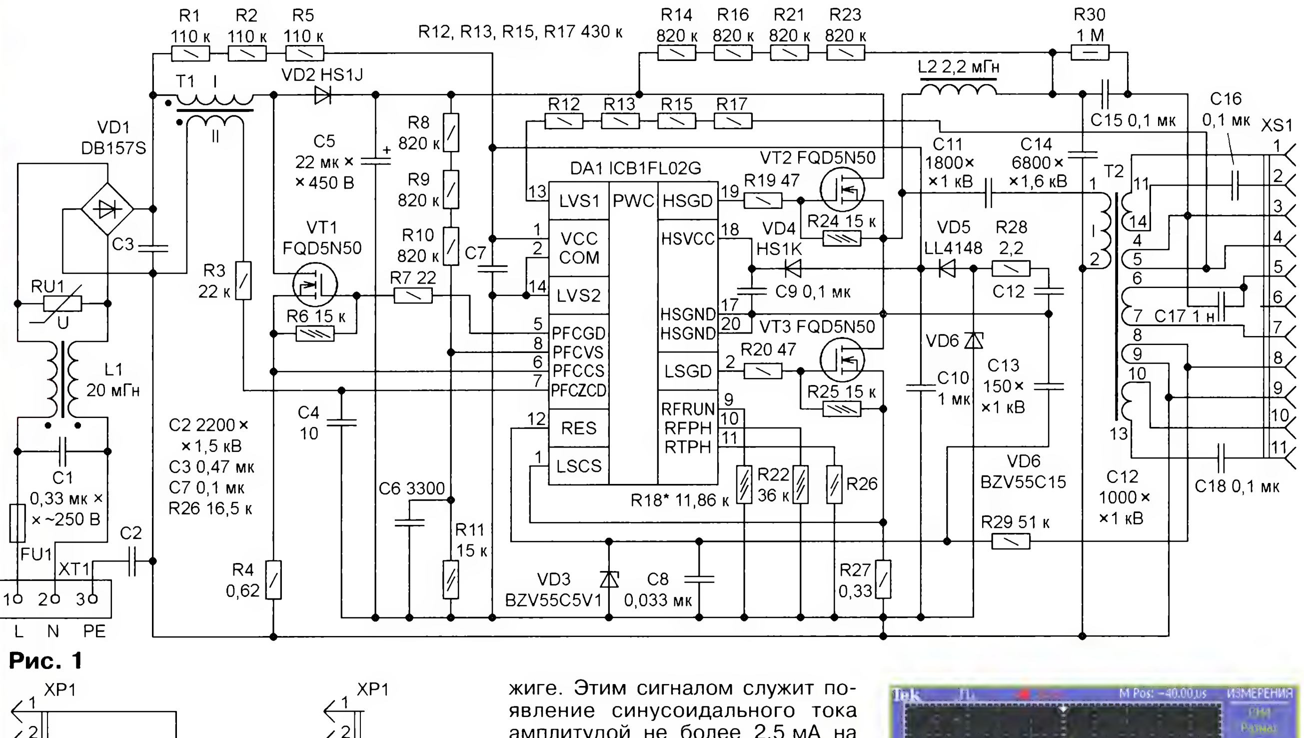


Рис. 1

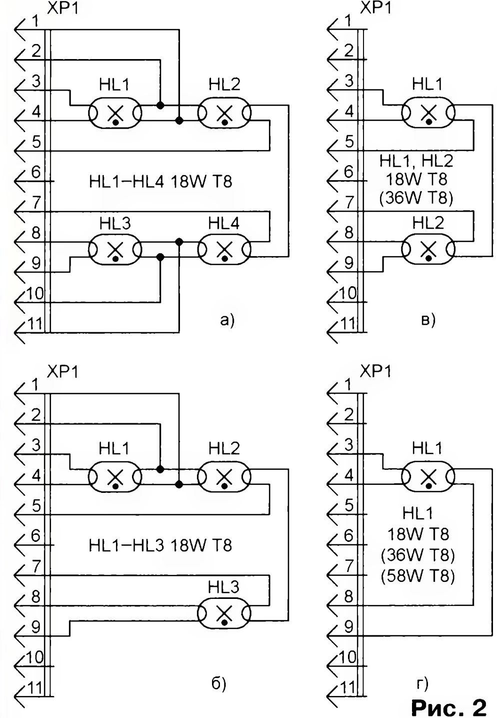


Рис. 2

жиге. Этим сигналом служит появление синусоидального тока амплитудой не более 2,5 мА на входе LVS1 (LVS — Lamp Voltage Sense, выв. 13) DA1 и напряжения трапецеидальной формы размахом не более 3,2 В на входе RES (RESTART, выв. 12) DA1. Максимальное время розжига может достигать 235 мс. В случае неудачного розжига ламп микросхема перейдёт в аварийный режим и прекратит коммутацию транзисторов VT2 и VT3. При успешном розжиге DA1 перейдёт в рабочий режим, частота тактового генератора уменьшится до рабочего значения, которое задаётся резистором R18. Все три этапа работы балласта: прогрев, розжиг и рабочий режим иллюстрирует осциллограмма на **рис. 3** (осциллограф подключён к контактам 3, 9 разъёма XS1). На **рис. 4** приведена осциллограмма напряжения в рабочем установившемся режиме с подключёнными четырьмя лампами мощностью 18 Вт каждая.

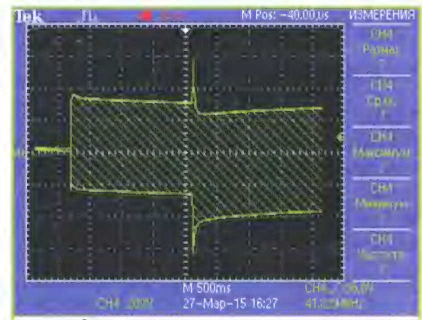


Рис. 3

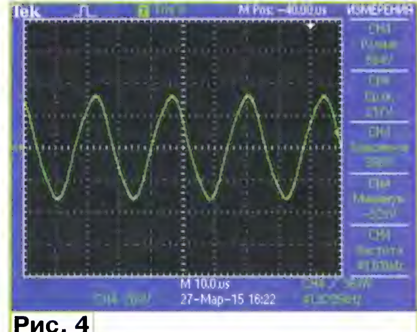


Рис. 4

В рабочем режиме активируются дополнительные защитные функции: EOL (End Of Life) — окончание срока службы лампы, защита от работы в ёмкостном режиме, защита от выпрямительного эффекта ламп. В случае резкого увеличения тока через лампу, что может произойти к окончанию срока её службы, увеличится до 215 мкА ток в цепи: плюс источника питания, R14, R16, R21, R23, R30, нить лампы, R17, R15, R13, R12, внутренний датчик тока микросхемы DA1. Это вызовет срабатывание защиты EOL, и балласт отключится. Если положительный и отрицательный полупериоды тока, текущего по этой цепи, не равны по амплитуде, это означает, что лампа работает в выпрямительном режиме. Другими словами, ток через лампу в одну сторону больше, чем в другую.

может произойти, например, при попытке включить балласт без нагрузки или при неисправности одной из ламп, контроллер микросхемы прекратит дальнейшее снижение частоты преобразователя и вновь начнёт её повышать, что, в свою очередь, вызовет уменьшение напряжения на конденсаторе C14. Это делается с целью избежать чрезмерного скачка тока и напряжения на выходе преобразователя. При уменьшении падения напряжения ниже 0,8 В на резисторе R27 частота вновь станет понижаться. Этот процесс может повториться несколько раз, пока не будет получен сигнал об успешном роз-

Такой эффект вызывается преждевременным износом одного из катодов лампы. В этом случае балласт также переходит в аварийный режим. Если во время работы балласта нарушится контакт в цепи ламп, например, вследствие неисправного ламподержателя или перегорания одной из нитей, сопротивление цепи резко возрастёт и выходной каскад перейдёт в ёмкостный режим работы, что, в свою очередь, может вызвать резонанс. В этом случае напряжение на входе RES превысит уровень 1,6 В, что вызовет срабатывание защиты и отключение балласта. Кроме того, входы LVS1 и RES микросхемы DA1 служат для контроля под-

ключения ламп в течение всего времени работы балласта. Если во время работы балласта вынуть одну из ламп, балласт отключится.

Активный корректор мощности собран на трансформаторе T1, транзисторе VT1, диоде VD2 и конденсаторе C5. Его назначение — максимально приблизить форму потребляемого тока к форме напряжения, уменьшить сдвиг фаз между током и напряжением, тем самым свести к минимуму реактивную мощность. Подробно принцип его работы описан в [1] и [2]. Особенность этого

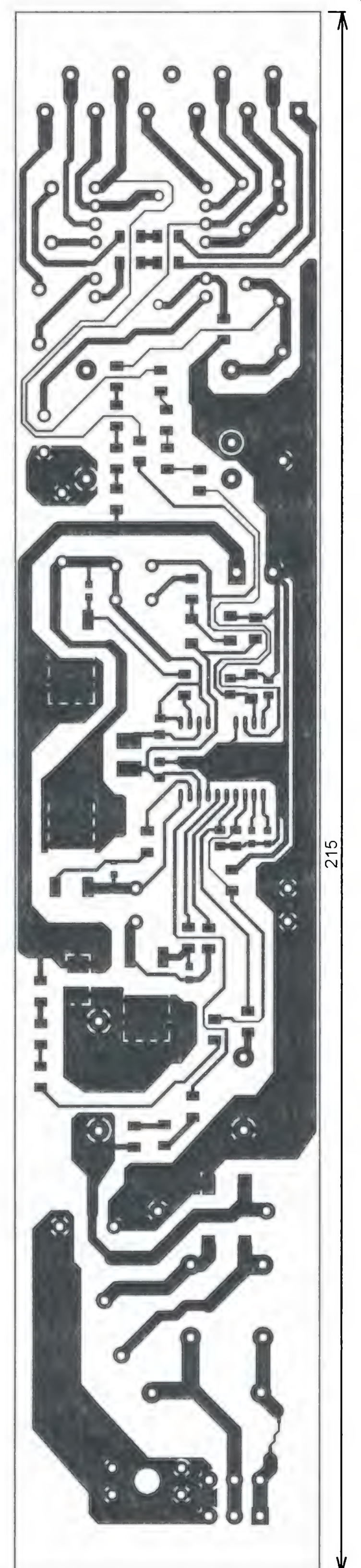
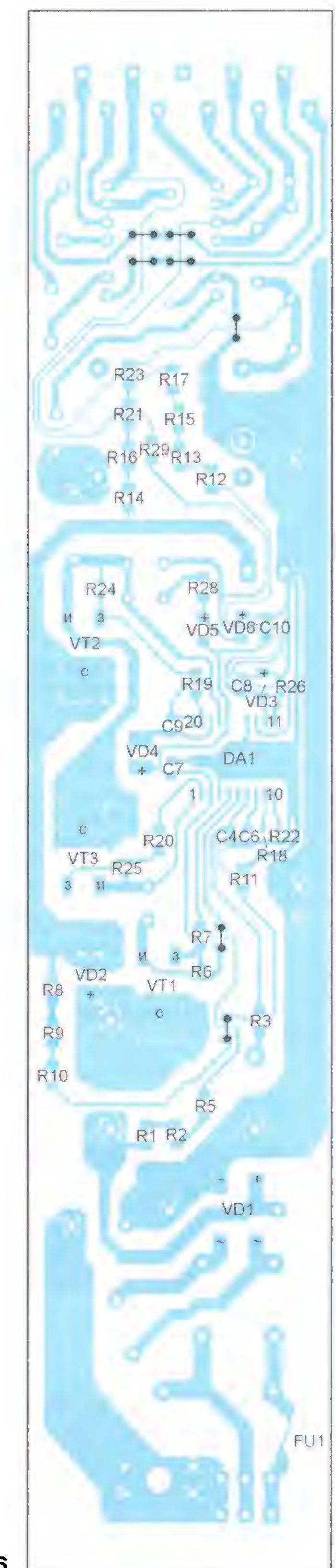


Рис. 5



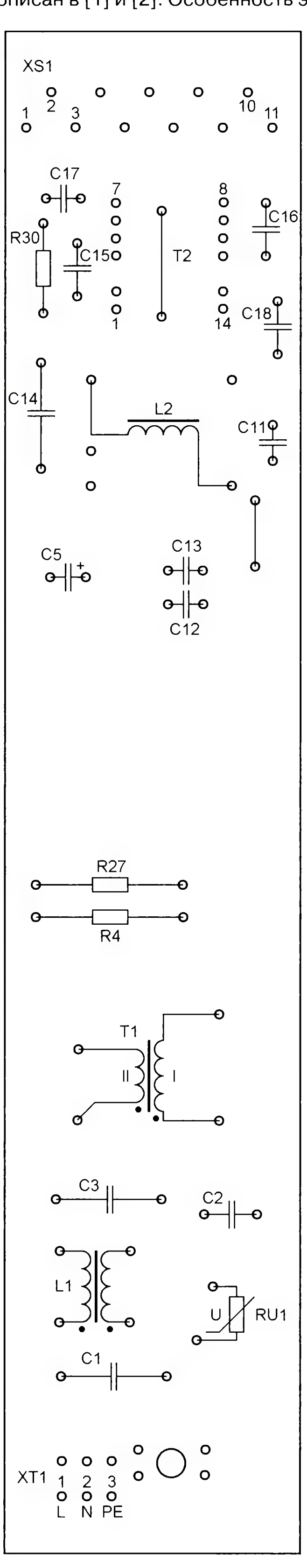


Рис. 6

корректора — возможность работы как в режиме критической проводимости (Critical Conduction Mode — CCM), так и в режиме прерывистой проводимости (Discontinuous Conduction Mode — DCM). Делитель R8—R11C6 служит для контроля мгновенного значения напряжения питания и определения времени закрытия транзистора VT1. Вторичная обмотка трансформатора T1, подключённая через токоограничивающий резистор R3 к входу PFCZCD (выв. 7) DA1, необходима для определения момента, когда ток через первичную обмотку трансформатора достигнет нулевого значения. Как только это произойдёт, на затвор транзистора VT1 будет подан открывающий импульс. Обе обмотки трансформатора T1 должны быть обязательно синфазны.

Питание микросхемы в первый после включения момент осуществляется от цепи R1,R2,R5. В дальнейшем — от выходного каскада через стабилизатор C12C13R28VD5VD6C10.

Для подключения к балласту четырёх ламп производитель микросхемы рекомендует использовать два выходных балластных контура, включённых параллельно, в каждом контуре по две последовательно соединённые лампы [1]. Но тогда возникает следующая проблема. Даже при незначительном разбросе параметров выходного LC-контура пары ламп могут разжигаться неодновременно, что не очень приятно для восприятия. С другой стороны, четыре последовательно соединённые лампы разжечь довольно проблематично, поскольку они не успевают достаточно прогреться во время предварительного прогрева, и для розжига потребуется гораздо большая энергия. К тому же нельзя забывать и о потерях на соединительных проводах. Решением стало оставить один выходной контур, но добавить маломощный вспомогательный понижающий трансформатор T2. Он компенсирует потери в местах соединения ламп, улучшает прогрев ламп и облегчает их розжиг. Экспериментально установлено, что мощность трансформатора T2 должна быть 8...10 % от общей мощности ламп, коэффициент трансформации — 20...30. При подключении к балласту ламп 1×18, 2×18, 1×36 трансформатор T2 и разделительные конденсаторы C11, C16 и C18 необходимо удалить, чтобы избежать подведения к лампам излишней мощности.

В документации [1] приводится расчёт всех основных элементов балласта, за исключением выходного контура L2C14. Индуктивность дросселя L2 и ёмкость конденсатора C14 рассчитывают так. Максимальная мощность ламп (4×18 или 2×36) P=72 Вт, рабочая частота выбрана f=41 кГц, частота розжига f_{ign}=48 кГц [1], с использованием "тёплого" старта оптимальное напряжение розжига U_{ign}≈700 В. Из соотношения энергии получим

$$E = \frac{P}{f} = \frac{C \cdot U^2}{2},$$

отсюда

$$C14 = \frac{2P}{f_{ign} \cdot U_{ign}^2} = \frac{2 \cdot 72}{48 \cdot 10^3 \cdot 700^2} \approx 6{,}1 \text{ нФ}.$$

Из имеющихся был выбран конденсатор ёмкостью 6,8 нФ. Теперь определяем индуктивность дросселя L2. Частота равна

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

отсюда

$$L2 = \frac{1}{4\pi^2 \cdot C \cdot f^2} = \frac{1}{4\pi^2 \cdot 6{,}8 \cdot 41^2 \cdot 10^6} = 2{,}2 \text{ мГн}.$$

С другой стороны, индуктивность балластного дросселя должна соответствовать условию

$$L2 = \frac{(U_{пит} - U_{л})}{I_{л}} t_{откр},$$

где $U_{пит}$ — напряжение питания; $U_{л}$ — рабочее напряжение на лампах (рабочее напряжение лампы мощностью 18 Вт приблизительно равно около 56 В, следовательно, $U_{л}$=4·56=224 В); $t_{откр}$ — время открытого состояния транзистора при f=41 кГц, $t_{откр}$≈11,5 мкс (согласно [1]); $I_{л}$≈0,33 А — рабочий ток ламп. Отсюда

$$L2 = \frac{(290 - 224)}{330} 11 = 2{,}2 \text{ мГн}.$$

Определяем максимальный ток дросселя L2, он будет равен току конденсатора C14 в момент резонанса

$$I_{L2} = U_{рез} \cdot 2\pi \cdot f_{рез} \cdot C = 700 \cdot 2\pi \cdot 48 \cdot 10^3 \cdot 6{,}8 \cdot 10^{-9} = 1{,}4 \text{ А}.$$

Выбираем подходящий по габаритной мощности магнитопровод, например, EV25/13/13.

Оценим требуемый зазор g:

$$g = \frac{4 \cdot 10^{-4} \cdot \pi \cdot L \cdot (I_{max})^2}{S \cdot B^2},$$

где S — площадь поперечного сечения магнитопровода, м (для EV25/13/13 S=75 мм^2); B — максимальная индукция, Тл; L — индуктивность, Гн; I_{max} — максимальный ток, А.

Примем индукцию B=0,22 Тл. Получим

$$g = \frac{4 \cdot 10^{-4} \cdot \pi \cdot 2{,}2 \cdot 10^{-3} \cdot 1{,}4^2}{75 \cdot 10^{-6} \cdot 0{,}22^2} = 1{,}5 \text{ мм}.$$

Рассчитаем число витков N дросселя L2:

$$L = N^2 A_L,$$

отсюда

$$N = \sqrt{\frac{L}{A_L}}; \qquad A_L = \frac{A_{L0} \cdot \ell}{\mu_e \cdot g},$$

где A_L — индуктивность на виток (магнитопровод с зазором), Гн; A_{L0} — индуктивность на виток (магнитопровод без зазора, информация из справочника), Гн; ℓ — длина средней силовой линии магнитопровода, мм; μ_e — начальная магнитная проницаемость материала магнитопровода (информация из справочника). Для магнитопровода EV25/13/13, материал N87 — A_{L0}=2400 нГн, ℓ=59 мм, μ_e=1520. Отсюда

$$A_L = \frac{2400 \cdot 10^{-9} \cdot 59 \cdot 10^{-3}}{1520 \cdot 1{,}5 \cdot 10^{-3}} = 6{,}7 \cdot 10^{-8} \text{ Гн},$$

$$N = \sqrt{\frac{2{,}2 \cdot 10^{-3}}{6{,}7 \cdot 10^{-8}}} = 181 \text{ виток}.$$

Проверим максимальную индукцию

$$B = \frac{I_{max} \cdot \mu_0 \cdot N}{g}, \quad \text{где } \mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{ Гн/м};$$

$$B = \frac{1{,}4 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 181}{1{,}5 \cdot 10^{-3}} = 0{,}212 \text{ Тл}.$$

Дроссель намотан проводом 4×0,2 мм (четыре провода диаметром по 0,2 мм). При возможности обмотку желательно разделить на секции.

Устройство собрано на печатной плате из фольгированного с одной стороны стеклотекстолита. Чертёж печатной платы приведён на **рис. 5**. Все элементы для поверхностного монтажа размещены со стороны печатных проводников, все выводные элементы — на противоположной стороне. Расположение элементов показано на **рис. 6**. Фотографии собранного устройства приведены на **рис. 7** и **рис. 8**. Конденсатор C14 — металлоплёночный, на напряжение 1600 В, конденсаторы C11—C13 — металлоплёночные или дисковые керамические на напряжение 1000 В, конденсаторы C16, C18 — 100 В. Диоды VD2, VD4 — быстродействующие с допустимым обратным напряжением не менее 600 В. Транзисторы FQD5N50 (VT1—VT3) можно заменить на SPP03N60C3 или аналогичные. Трансформатор T1 намотан на магнитопроводе E25/13/7, материал N27, не-

Рис. 7

Рис. 8

магнитный зазор 1,6 мм. Первичная обмотка содержит 184 витка провода 4×0,2 мм, вторичная — 14 витков провода диаметром 0,3 мм. Трансформатор Т2 намотан на магнитопроводе E16/8/5, материал N27, без зазора. Обмотка 1—2 содержит 208 витков, обмотки 11—14, 6—7, 10—13 — по 24 витка, обмотки 4—5, 8—9 — по 12 витков. Диаметр провода всех обмоток — 0,18 мм. Частотозадающие резисторы R18, R22, R26 желательно выбрать с допуском 0,5—1 %. Правильно собранное устройство обычно начинает работать сразу и налаживания не требует.

ЛИТЕРАТУРА

1. ICB1FL02G. Smart Ballast Control IC for Fluorescent Lamp Ballasts. — URL: **http://www.infineon.com/dgdl/Infineon-ICB1FL02G-DS-v02_01-en.pdf?fileId=db3a304412b407950112b436658d6610** (20.05.15).

2. IR2166(S) & (PbF). PFC & BALLAST CONTROL IC. — URL: **http://www.irf.com/product-info/datasheets/data/ir2166.pdf** (20.05.15).

Блок управления системой водоснабжения

М. МУРАТОВ, г. Уфа

Основываясь на собственном опыте, автор излагает основные принципы построения индивидуальных накопительных систем водоснабжения и описывает разработанный им блок управления такой системой, отвечающий, по его мнению, требованиям по её надёжности и безопасности эксплуатации.

Обойтись без воды в современном загородном доме, фермерском хозяйстве или на дачном участке просто невозможно. В отдалённых местах централизованное водоснабжение нецелесообразно, а источником воды служит скважина, колодец или даже открытый водоём. Последний вариант крайне нежелателен ввиду возможности загрязнения водоёма и распространения загрязнителя по всей системе водоснабжения. Можно брать воду из колодца, но когда его нет, остаётся только пробурить скважину.

Чем дальше территория от города, тем чаще случаются перебои с подачей электроэнергии, поэтому предпочтительны системы водоснабжения с накопительным баком, запаса воды в котором достаточно на некоторый период времени. Самые простые системы водоснабжения, примером которых может служить [1], пригодны для использования только под присмотром.

В продаже имеются насосные станции различной производительности, но цены на станции с большим запасом воды в накопительном баке впечатляют. Поэтому самостоятельное изготовление системы водоснабжения накопительного типа позволяет сэкономить значительную сумму денег.

Продумывая конструкцию системы водоснабжения, содержащей источник воды, насос, трубы подвода и разбора воды, накопительный бак для неё, зная место установки системы и температурные условия, в которых ей предстоит работать, можно представить возможные режимы работы, предвидеть аварийные ситуации и, исходя из этого, определить требования к системе в целом и её блоку управления в частности.

Эксплуатация системы водоснабжения должна быть безопасной, изготовление, монтаж, обслуживание и управление — простыми, а блок управления и датчики — надёжными. Система должна быть способна безотказно работать годами, а блок управления — выявлять аварийные ситуации, сигнализировать о них и не допускать их развития.

Самые простые из всех возможных систем управления водоснабжением те, что оснащены электродными датчиками наличия воды и её уровня в накопительном баке. Их изготовление не требует большого объёма слесарных работ. Электроды легко снять для промывки бака и других профилактических работ, по завершении которых их легко установить обратно. Подобная конструкция описана в [2].

Однако известно, что нержавеющая сталь электродов и накопительного бака содержит, кроме железа, легирующие добавки — никель, марганец, хром и другие металлы. Попадая в питьевую воду, а с ней в организм, они негативно влияют на здоровье. Поэтому при изготовлении блока управления, работающего с электродными датчиками уровня, нельзя обходить вниманием биологическую безопасность. Нужно минимизировать происходящие на электродах электрохимические процессы и электролиз воды. Для этого приложенное к электродам напряжение должно быть низким и подаваться кратковременными импульсами.

Приступая к разработке системы водоснабжения, следует учитывать особенности водяных насосов. По принципу действия их можно отнести к двум основным типам: вибрационные и центробежные. Интенсивно работающие в скважине вибрационные насосы вызывают повреждения резиновых или пластмассовых водопроводных шлангов за счёт их трения об обсадную трубу. Если через повреждённый шланг вода перестанет поступать в систему, насос станет работать непрерывно, пока не выйдет из строя, либо не будет выключен автоматикой или человеком. В таких случаях приходится срочно устранять неисправность, что особенно трудоёмко и неприятно зимой.

Возможно и ухудшение качества воды частицами протирающегося шланга, особенно если он резиновый. Если алюминиевый корпус насоса касается стальной обсадной трубы, возникает контактная разность потенциалов, приводящая к электрохимической коррозии стали трубы и алюминия корпуса. Всё может закончиться проникновением воды к обмотке насоса и её повреждением.

Замечено, что использование насоса в алюминиевом корпусе заметно ухудшает вкус воды даже при полиэтиленовых обсадных трубах. А особенно это заметно при обсадных трубах из чёрной или нержавеющей стали. Если такая вода используется для питья и приготовления пищи, происходит постепенное отравление организма растворёнными в ней алюминием, железом и легирующими металлами. Лучшее решение этой проблемы — применение пластмассовой обсадной трубы и центробежного погружного насоса в корпусе из пластмассы или нержавеющей стали.

После замены насоса с алюминиевом корпусом на насос в корпусе из

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

нержавеющей стали улучшение вкуса воды ощущается уже через сутки. Поэтому применяемые в системах питьевого водоснабжения погружные насосы не должны иметь корпусов и других соприкасающихся с водой деталей из алюминия или его сплавов с магнием.

Первое требование к блоку управления системой водоснабжения — поддерживать заданный уровень воды в накопительном баке. Второе требование — он не должен допускать работу насоса при пониженном или повышенном более чем на 10 % напряжении в питающей электросети. Для управления насосом предпочтительно использовать электромагнитное реле или пускатель с нормально разомкнутыми контактами. Это гарантирует выключение насоса при типовых неисправностях блока управления или отсутствии напряжения в электросети.

Блок управления должен обязательно отключить насос при повреждении труб, идущих от насоса к накопительному баку. Это предотвратит неограниченную по времени работу насоса, сопровождающуюся заливкой водой близлежащих строений и территории. Блок должен выключать насос, прекращая заполнение накопительного бака и при протечках трубопроводов распределения воды. Одновременно должна быть перекрыта подача в них воды из накопительного бака. Для выполнения этих требований необходимо иметь датчики потока поступающей в бак воды и датчики влажности в местах возможных протечек. И наконец, блок управления не должен допускать перелива воды из накопительного бака, поэтому необходим датчик предельного уровня воды в нём.

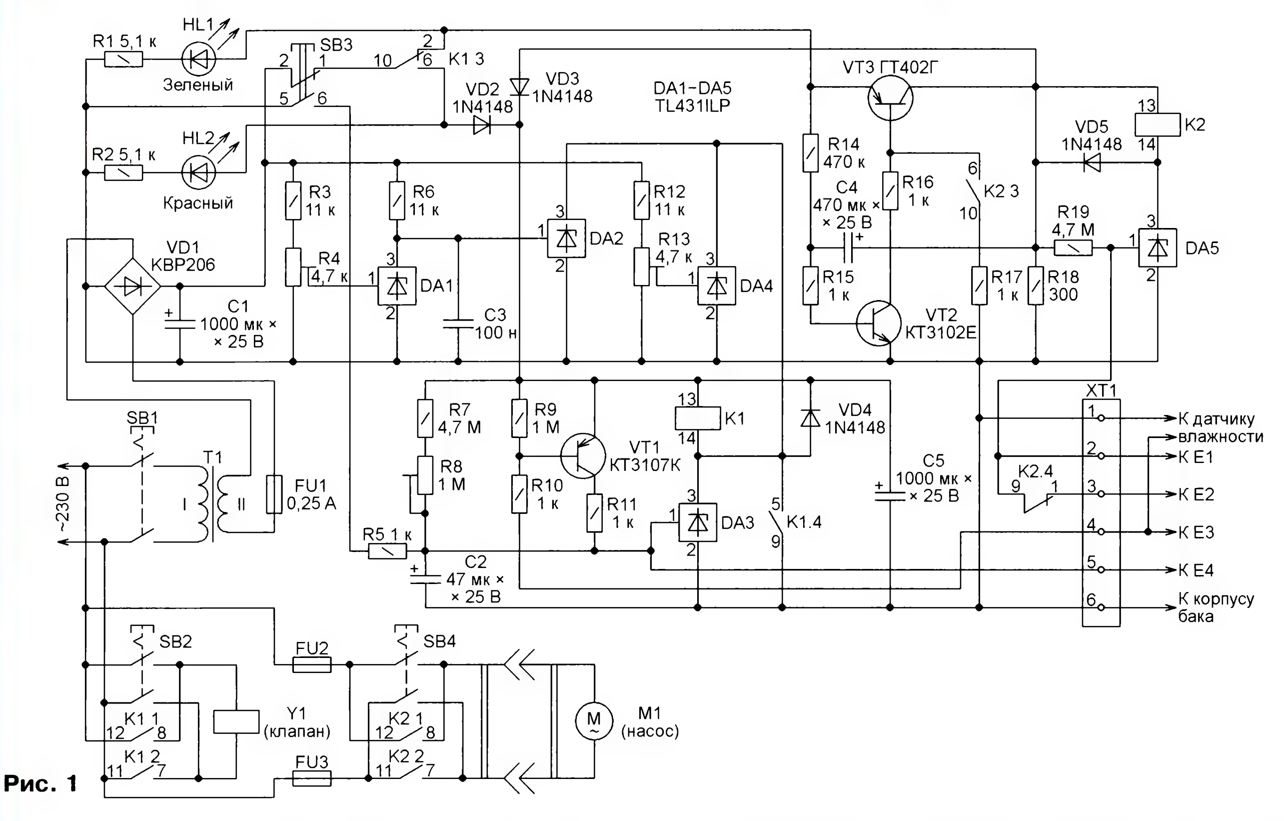


Рис. 1

Практика работы самодельной системы водоснабжения в автоматическом режиме десятилетиями показывает, что ни одно из описанных требований нельзя считать лишним. Говоря об опыте эксплуатации блоков управления насосами, описанных в [3], следует сказать, что раз в год они нуждались в чистке контактов. Блок управления насосом с герконами требовал вмешательства раз в два-три года.

Предлагаемый вниманию читателей сравнительно простой блок управления системой водоснабжения накопительного типа был сконструирован исходя из перечисленных выше требований. Схема этого блока изображена на **рис. 1**. Простота и надёжность его работы обеспечена применением в качестве пороговых элементов и электронных ключей микросхем параллельных стабилизаторов напряжения TL431ILP.

Питается блок управления от сети переменного тока напряжением 230 В, включают его кнопочным выключателем SB1. С помощью трансформатора T1, диодного моста VD1 и сглаживающего конденсатора C1 из вторичного переменного напряжения 8,5 В получено постоянное напряжение (12 В при номинальном напряжении в сети). Оно поступает на узел контроля напряжения, собранный на микросхемах DA1, DA2, DA4. Идея этого узла найдена в [4].

Кроме того, выпрямленное напряжение через контакты кнопки SB3 и нормально замкнутые контакты реле K1.3 поступает на узел, собранный на транзисторах VT2 и VT3 согласно рекомендациям, имеющимся в [5]. Он генерирует импульсы амплитудой 12 В, длительность которых задана ёмкостью конденсатора C4 и сопротивлением резистора R15, а период следования — ёмкостью того же конденсатора и сопротивлением резистора R14.

Импульсы питают узел, собранный на микросхемах DA3 и DA5, транзисторе VT1 и реле K1 и K2. К этому узлу подключены электроды датчиков уровня E1—E3 и потока E4, а также датчики влажности. Напряжение между электродами датчиков E1—E4 и корпусом накопительного бака — около 12 В, причём оно импульсное и приложено к электродам только во время определения уровня воды в баке.

Состояние микросхемы DA5 в течение импульса зависит от наличия и сопротивления воды между датчиком нижнего уровня (электродом E2) и корпусом бака. Если воды в накопительном баке нет или её уровень ниже электрода E2, микросхема DA5 открывается (замыкает свою цепь анод—катод) и включает реле K2. Контакты K2.1 и K2.2 подают напряжение сети на водяной насос M1. Контакты K2.3, замкнувшись, останавливают генерацию импульсов. Напряжение на коллекторе транзистора VT3 становится постоянным (около 12 В). Контакты K2.4 отключают электрод E2.

После наполнения бака и замыкания водой электрода E1 (датчика верхнего уровня) и корпуса бака происходит выключение микросхемы DA5 и реле K2. Насос M1 останавливается, подача воды в бак прекращается.

Узлы, собранные на микросхемах DA1, DA2, DA4 и на микросхеме DA3, транзисторе VT1 и реле K1, предназначены для отключения насоса M1 в аварийных ситуациях, сигнализации об этом и удержания блока управления в

режиме "авария". Индикаторами рабочего и аварийного режимов служат соответственно светодиоды HL1 и HL2. Насос выключается, прекращая подачу воды в накопительный бак, в следующих аварийных ситуациях.

Во-первых, при выходе напряжения питающей сети за пределы допуска (±10 % номинального значения). Для этого непрерывно контролируется текущее значение нестабилизированного выпрямленного напряжения на конденсаторе C1, пропорционального напряжению в сети. Микросхема DA1 закрывается, а DA2 открывается, когда это напряжение ниже нижнего порога, установленного подстроечным резистором R4. Микросхема DA4 открывается при превышении выпрямленным напряжением верхнего порога, установленного подстроечным резистором R13. В обоих случаях срабатывает и самоблокируется K1 — реле аварийного отключения и сигнализации об аварии.

Второй аварийный режим возникает при неисправности насоса или в случае, когда насос работает, но вода в бак не поступает по причине, например, её отсутствия в источнике или повреждения трубопровода. Когда струя поступающей в бак воды, в которой находится электрод E4, электрически не соединяет его с корпусом бака, происходит зарядка конденсатора C2. По достижении напряжением на конденсаторе порогового напряжения микросхемы DA3 она открывается. Срабатывает реле аварии K1. Конденсатор C2 и резисторы R7, R8 создают задержку включения аварийного режима. Она необходима, чтобы при исправной системе вода успела после включения насоса заполнить идущую в бак трубу, поступила в бак и попала на электрод E4.

Следующий аварийный режим возникает при повреждении труб расхода воды или угрозе её перелива из бака. Определяется он с помощью датчиков влажности и электрода предельного уровня E3, а включается транзистором VT1, микросхемой DA3 и реле K1.

В любом аварийном режиме контакты реле K1.3 отключают генератор импульсов от напряжения питания 12 В, предотвращая этим подачу напряжения на насос. Одновременно контакты K1.4 блокируют реле K1 в сработавшем состоянии, а контакты K1.1 и K1.2 подают напряжение на обмотку электромагнитного клапана Y1. При этом нормально открытый клапан Y1 закрывается, прекращая подачу воды из бака в трубу расхода.

Восстановить подачу воды из накопительного бака можно выключением и последующим (после устранения аварии) включением блока управления кнопочным выключателем SB1, а перекрыть подачу воды из бака в рабочем режиме — кнопочным выключателем SB2. Замыкание его контактов приведёт к закрыванию электрогидроклапана Y1 и прекращению подачи воды в трубу расхода.

Если блок управления на время устранения аварии не выключался, то после её устранения можно нажатием на кнопку SB3 снять блокировку и включить блок управления в работу. Кнопочный выключатель SB4 позволяет включить насос и подать воду в накопительный бак и при выключенном блоке управления.

Подбор элементов конструкции лучше начинать с комплекта реле и трансформатора питания. Реле должны иметь по четыре группы контактов. Плавкие вставки FU2 и FU3 выбирают согласно инструкции по эксплуатации насоса.

Автор применил реле K1 — РЭК78/4 5 А 12 В DC МЭК, реле K2 — РЭК77/4 10 А 12 В DC МЭК. Их параметры приведены в [6]. Оба реле размещены в корпусе блока управления. Они установлены в предназначенные для них розетки PPM77/4 и PPM78/4. Если указанные реле найти не удалось, то подбирают другие с рабочим напряжением катушек 12 В и четырьмя группами контактов на переключение. Контакты реле K2 должны быть рассчитаны на коммутацию тока, превышающего пусковой ток двигателя насоса M1 или его утроенный рабочий ток.

Понижающий сетевой трансформатор T1 должен иметь вторичную обмотку напряжением 8,5 В (без нагрузки). Чтобы оно не "просаживалось" при срабатывании реле K1 или K2, мощность трансформатора должна быть в 15...20 раз больше суммарной, потребляемой катушками реле. Обычно 50...100 Вт достаточно. Применять стабилизированный источник напряжения 12 В нельзя, так как по значению этого напряжения блок управления контролирует напряжение в сети.

Допустимо использовать реле с катушками на 24 В и трансформатор с вторичным напряжением 17 В. При такой замене оксидные конденсаторы на 25 В нужно заменить конденсаторами на 35 или 50 В. Методика налаживания блока не меняется. Если напряжение на вторичной обмотке трансформатора заметно больше 8,5 или 17 В, то между контактом 1 кнопки SB3 и контактом 10 реле K1 следует установить дополнительный интегральный стабилизатор напряжения 7812 или 7824 и питать его выходным напряжением 12 или 24 В генератор импульсов.

Транзистор ГТ402Г допускается заменить на ГТ403Б—ГТ403Д или другим средней мощности транзистором структуры p-n-p. Предпочтительны германиевые транзисторы или кремниевые с малым напряжением насыщения $U_{кэ}$. Транзисторы КТ3102Е и КТ3107К заменяют подобными маломощными транзисторами соответствующей структуры. Вместо диодного моста KBP206 подойдут, например, LT416, PBL405. Диоды 1N4148 можно заменить любыми другими с допустимым прямым током не меньше текущего через обмотки реле и обратным напряжением больше рабочего напряжения их обмоток.

Электрогидроклапан Y1, который устанавливают на патрубке отбора воды из накопительного бака, должен быть нормально открытым, срабатывать от переменного напряжения 230 В и подходить по присоединительным размерам к используемым для отбора воды трубам.

Если рабочий ток катушек реле превышает 0,1 А, интегральные стабилизаторы DA3 и DA5 следует заменить полевыми транзисторами, например BUZ11. При этом методика налаживания блока управления сохранится, но следует учитывать опасность статического электричества для полевых транзисторов.

Электроды-датчики изготавливают из нержавеющей проволоки диаметром 2...5 мм или из полосы нержавеющей стали толщиной 0,5...1 мм и шириной 6...10 мм. Можно, например, использовать стальные несущие жилы, извлечённые из многожильных алюминиевых проводов. Электроды укрепляют на общей пластине из водостойкого изоляционного материала. Подключать к ним соединительные провода следует за пределами бака ввиду высокой влажности в нём. Электрод датчика потока E4 закрепляют так, чтобы на него попадала струя поступающей в бак воды. Электрод датчика предельного уровня E3 располагают ниже подводящего воду патрубка, но обязательно выше электрода датчика верхнего уровня E1.

Датчиками влажности служат участки сдвоенного медного провода, очищенные от изоляции на длине 50 мм и расположенные с шагом 100...500 мм по длине провода. Этот провод прокладывают так, чтобы оголённые участки располагались в местах, куда вода может стекать при переполнении бака или из неплотных стыков в водопроводной арматуре.

Собрать блок управления можно в любом корпусе из изоляционного материала. Например, в корпусе от неисправного источника бесперебойного питания, от которого можно использовать и трансформатор, если он остался исправным. В корпусе устанавливают контактную колодку XT1 для подключения проводов, идущих к датчикам.

Печатная плата, на которой находятся почти все элементы блока, изображена на **рис. 2**. Монтировать их на плату лучше поэтапно с проверкой и налаживанием каждого собранного узла. Начинают работу с выпрямителя и узла контроля напряжения, далее монтируют генератор импульсов и проверяют их наличие. Затем собирают узел управления насосом на микросхеме DA5 и реле K2 и проверяют его работу. Последним собирают узел контроля аварийных ситуаций на транзисторе VT1 и микросхеме DA3 и проверяют его работу. После этого можно устанавливать в корпус выключатели, контактную колодку, трансформатор, реле, плату и соединять их между собой. Чтобы монтаж был безошибочным, требуется внимательность.

Налаживание собранного блока управления начинают с проверки постоянного напряжения на конденсаторе C1 и наличия импульсов на коллекторе транзистора VT3. Опытным путём определяют продолжительность слива воды из бака от электрода E1 до электрода E2. Затем устанавливают такой же продолжительность паузы между импульсами, уменьшая или увеличивая ёмкость конденсатора C4 и сопротивление резистора R14. Для указанных на схеме номиналов длительность импульса — около 5 с, а паузы между импульсами — 1 мин.

тел. 608-28-38 Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2015

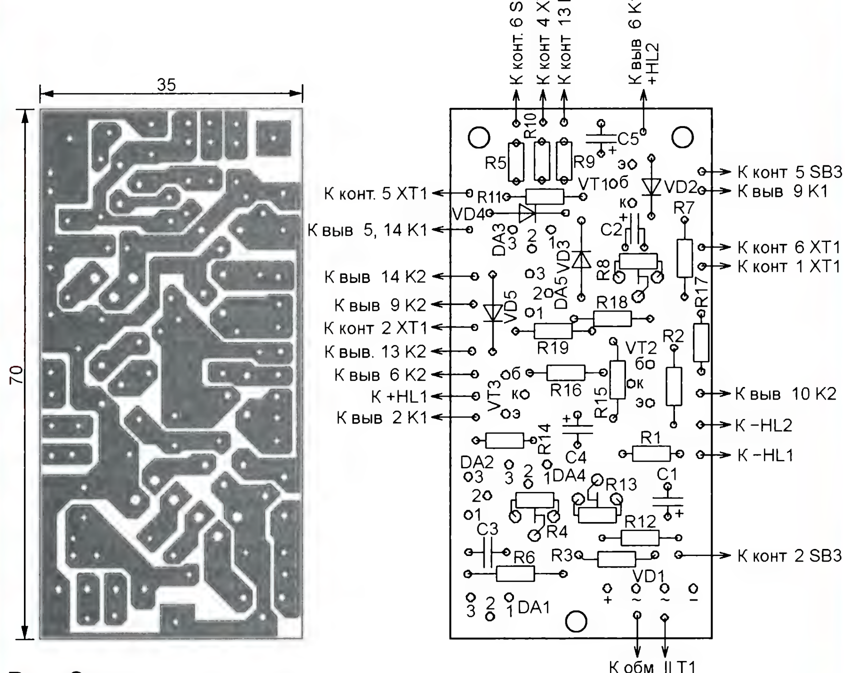


Рис. 2

Налаживание заканчивают установкой верхнего и нижнего порогов в узле контроля сетевого напряжения. Для этого удобно применить лабораторный регулируемый автотрансформатор (ЛАТР). Работу выполняют в следующем порядке. Электрод датчика потока E4 соединяют перемычкой с общим проводом блока (контактами 1 и 6 колодки XT1). Выводы контактов реле K2.4 также соединяют перемычкой. Движок подстроечного резистора R4 устанавливают в верхнее, а движок подстроечного резистора R13 — в нижнее по схеме положение. С помощью ЛАТР устанавливают подаваемое на первичную обмотку трансформатора T1 напряжение равным 230 В. Не торопясь, снижают напряжение на этой обмотке, устанавливая его равным 207 В. Движок подстроечного резистора R4 медленно перемещают вниз (по схеме), пока не сработает реле K1. Увеличивают до 230 В напряжение, снимаемое с ЛАТР, и нажатием на кнопку SB3 отменяют режим "Авария". Теперь с помощью ЛАТР повышают напряжение до 253 В. Сделав это, движок подстроечного резистора R13 медленно перемещают вверх (по схеме), вновь добиваясь срабатывания реле K1. Выключив питание блока, снимают перемычку, соединяющую электрод E4 с общим проводом.

Далее проверяют работу датчика потока E4. Для этого отключают насос и отсоединяют электроды E1 и E2 от управляющего входа микросхемы DA5. Через 20...40 с после включения блока в сеть реле K1 должно сработать. Затем блок выключают, снимают перемычку с контактов K2.4 и подключают датчики E1 и E2. После этого проверяют работу датчика влажности, прикладывая влажную ткань к оголённым участкам его проводов.

При обустройстве системы водоснабжения следует учитывать температурный фактор. Трубы, подводящие воду от источника, должны быть прямыми и иметь постоянный уклон 20...30 мм на метр длины в сторону источника воды. Это исключит замерзание воды в трубах, поскольку после остановки центробежного насоса она стечёт через насос обратно в источник. Накопительный бак должен быть установлен выше всех потребителей в отапливаемом помещении или на чердаке (где теплоизолирован вместе с дымоходом).

Блок управления системой водоснабжения устанавливают в любом удобном месте. Может оказаться полезной замена светодиода HL2 пьезоизлучателем звука с встроенным генератором, например KPE-842. В этом случае резистор R2 рекомендуется заменить любым выключателем, чтобы иметь возможность отключать звуковой сигнал аварии.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Субботин А.** Блок управления садовым электронасосом. — Радио, 1984, № 1, с. 30, 31.

2. **Калинский А.** Автоматическое управление электронасосом: Сб.: "В помощь радиолюбителю", вып. 103, с. 3—10. — М.: ДОСААФ, 1989.

3. **Муратов М.** Автоматизация водоснабжения индивидуального дома. — Радио, 2005, № 11, с. 36, 37.

4. **Шрайбер Г.** 300 схем источников питания. — М.: ДМК, 2000.

5. **Горошков Б. И.** Радиоэлектронные устройства. — М.: Радио и связь, 1984.

6. Реле промежуточные модульной серии. — URL: **http://www.elec.ru/files/2010/11/19/Tehnicheskoe-opisanie-rele-promezhutochnyh.pdf** (20.04.15).

Два устройства управления освещением

Н. САЛИМОВ, г. Ревда Свердловской области

Автоматические включатели освещения на базе датчиков присутствия человека весьма полезны в плане экономии электроэнергии. В статье представлены результаты работы автора над собственными конструкциями таких приборов.

Основная идея разработки заключалась в применении в автоматических включателях освещения единого модуля микроконтроллера с возможностью подключения к нему различных датчиков присутствия. Замена датчика и программного обеспечения даёт возможность работать в режимах, наиболее подходящих для конкретного применения, сам модуль микроконтроллера при этом не изменяется. При разработке не всегда удаётся сразу достичь поставленной цели, приходится кое-что изменять и дорабатывать. Именно по этой причине датчики присутствия и микроконтроллер размещены на разных платах.

В первом варианте включателя применён пассивный инфракрасный пироэлектрический датчик движения фирмы Murata. Сигнал датчика обрабатывается по типовой схеме, взятой из фирменного описания. Из неё исключены только узел ограничения длительности непрерывной работы освещения и исполнительное устройство. Схема модуля датчика с этими изменениями изображена на **рис. 1**. Он собран по этой схеме на печатной плате, изображённой на **рис. 2**. Применены компоненты для поверхностного монтажа: резисторы типоразмера 1206, керамические конденсаторы типоразмеров 0805 и 1206 и оксидные серии KVE. Пироэлектрический датчик IRA-E710T1 смонтирован на противоположной установке других элементов стороне платы. Длинная сторона его чувствительного окна должна быть расположена параллельно горизонтальной плоскости.

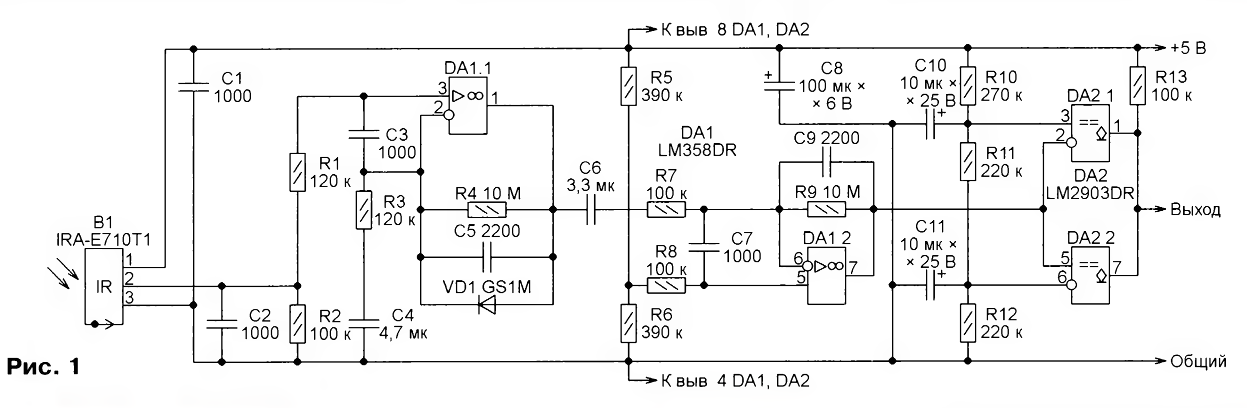
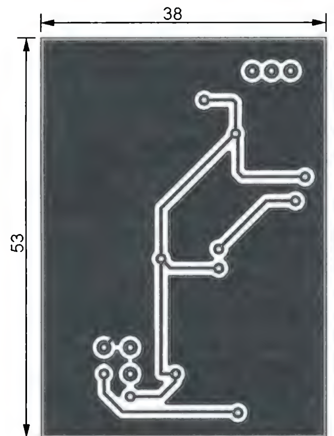
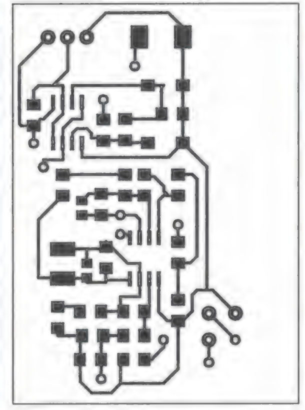


Рис. 1





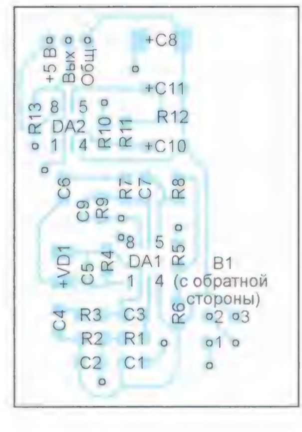


Рис. 2

После монтажа всех деталей проверяют работоспособность модуля датчика, подав сигнал с его выхода на осциллограф. После включения питания модулю требуется около 1 мин для установления рабочего режима. Если при движении человека перед окном датчика на экране осциллографа появляются импульсы, значит, всё в порядке и устройство работает нормально.

Дальность действия пироэлектрического датчика без модуляционной решётки — около 1,3 м. Модуляционную решётку делают из полосок чёрной бумаги или другого непрозрачного для ИК-лучей материала шириной 1,5 мм, наклеенных вертикально с зазором 1,5 мм на окно размерами 12×12 мм, вырезанное в передней панели прибора напротив окна пироэлектрического датчика. С решёткой дальность действия увеличится до 3 м. Ещё большую дальность обеспечит установленная перед окном датчика линза Френеля PPGI0601. Подробно о пироэлектрических датчиках и применении линзы Френеля можно прочитать в [1, 2].

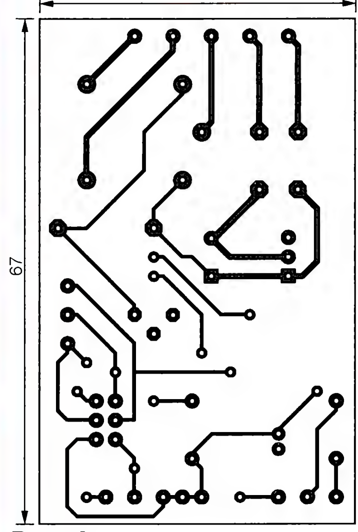
Схема модуля микроконтроллера автоматического включателя освещения показана на **рис. 3**. Те детали, что имеют позиционные обозначения, помеченные апострофом, необходимы только для работы с описанным выше модулем пассивного датчика и находятся вне печатных плат. Модуль выполнен на микроконтроллере ATtiny13A-SU (DD1) и решает следующие задачи: контролирует естественную освещённость помещения, при обнаружении присутствия человека и недостаточной внешней освещённости включает лампы освещения, выключает эти лампы через заданное время.

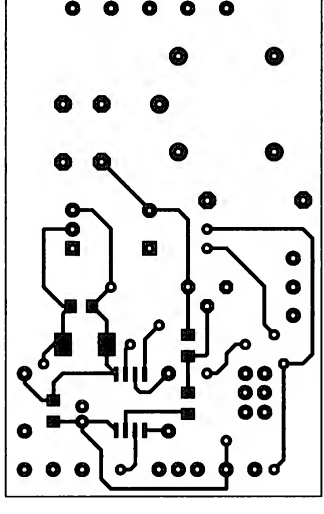
Датчиком освещённости служит фоторезистор R1' СФ3-1, сигнал с которого поступает на вход встроенного аналогового компаратора микроконтроллера (вывод PB1). Порог включения искусственного освещения устанавливают переменным резистором R2'.

Таймер T0 микроконтроллера обеспечивают необходимую задержку выключения ламп освещения, включённых при срабатывании датчика. Задают эту задержку переменным резистором R3'. Она пропорциональна напряжению, подаваемому с движка переменного резистора на вывод PB0 (вход первого канала АЦП) и регулируется от 6 с до 10 мин. Ввиду отсутствия цифровой индикации длительности задержки переменный резистор снабжён шкалой, проградуированной в минутах. Изменив положение движка переменного резистора R3', необходимо нажать на кнопку SB1'. Новое значение задержки начнёт действовать только после этого.

РАДИО® ПРИКЛАДНАЯ ЭЛЕКТРОНИКА
тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
РАДИО № 9, 2015

Рис. 3





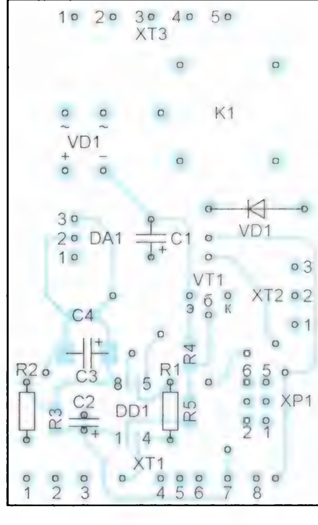


Рис. 4

Узел коммутации цепи освещения собран на транзисторе VT1 и электромагнитном реле K1. Питающее прибор переменное напряжение 9 В подают на контакты 1 и 2 колодки XT3 от сетевого понижающего трансформатора габаритной мощностью не менее 7 В·А. Это напряжение выпрямляет диодный мост VD1, затем выпрямленное напряжение уменьшает до 5 В интегральный стабилизатор DA1.

Печатная плата микроконтроллерного модуля изображена на **рис. 4**. Резисторы на ней — типоразмера 1206 для поверхностного монтажа, за исключением обычных выводных R1 и R2. Оксидные конденсаторы C1 и C3 — серии TREC, а C2 — серии KVE. Конденсатор C4 — керамический типоразмера 1206.

Устанавливаемые вне платы переменные резисторы R2' и R3' могут иметь номинальное сопротивление от 2 до 10 кОм. При использовании переменного резистора R2' с номиналом, отличающимся от указанного на схеме, нужно заменить и резистор R2 на печатной плате микроконтроллерного модуля. Новое сопротивление этого резистора вычисляют по формуле R2=3,4·R2'. Например, если R2'=10 кОм, то R2=3,4·10=34 кОм (ближайший стандартный номинал — 33 кОм).

Вместо фоторезистора СФ3-1 можно установить фотодиод ФД-256, подключив его катодом к цепи +5 В, а анодом к контакту 2 колодки XT2. Сопротивление резистора R1 в этом случае нужно увеличить до 3...5 МОм. Возможно использование и самодельного фототранзистора, сделанного из биполярного транзистора в металлическом корпусе, например, П307 с любым буквенным индексом, П308 или КТ801А. У транзистора спиливают крышку корпуса, а получившееся окно заклеивают прозрачной липкой лентой. Транзистор структуры n-p-n подключают коллектором к цепи +5 В, а эмиттером к контакту 2 колодки XT2. Вывод базы оставляют свободным. Сопротивление резистора R1 и в этом случае следует увеличить до 3...5 МОм. Фотодиод или самодельный фототранзистор необходимо зашунтировать конденсатором ёмкостью 0,1...0,22 мкФ.

В модуле использовано электромагнитное реле 801H-1C-C с обмоткой на 12 В (сопротивление обмотки 400 Ом). Его можно заменить другим с обмоткой на такое же напряжение и контактами, способными коммутировать переменный ток до 10 А при напряжении 230 В.

Если устройство используется в помещениях без естественного освещения или в качестве охранного, то фоторезистор R1' и резисторы R1 и R2' можно исключить, а контакт 2 колодки XT2 соединить с контактами 4—6 колодки XT1 (общим проводом).

Для работы с пассивным ИК-датчиком в память микроконтроллера должна быть загружена приложенная к статье программа HUM_DETECT. Сведения о необходимой конфигурации микроконтроллера имеются в тексте этой программы на языке ассемблера.

После инициализации порта и устройств микроконтроллера программа читает установленное значение задержки выключения освещения и записывает его в ОЗУ. Далее начинается опрос состояния выхода датчика присутствия, если оно обнаружено, выполняется переход к опросу состояния выхода аналогового компаратора. Если на выходе компаратора 0, то происходит возврат к опросу датчика. Если на выходе компаратора 1 и уровень внешней освещённости ниже порога, установленного переменным резистором R2', то включается реле и начинается отсчёт задержки его выключения. По завершении отсчёта задержки реле выключается и программа возвращается к опросу состояния датчика.

Второй вариант включателя освещения использует активный ИК-датчик присутствия. Он излучает модулированный ИК-сигнал. Приняв этот сигнал, отражённый от объекта, прибор включает освещение. В этом варианте применяется рассмотренный выше модуль микроконтроллера с изменённым программным обеспечением (программа HUM_DETECT_A также приложена к статье, сведения о конфигурации микроконтроллера имеются в тексте этой программы на языке ассемблера).

Схема модуля активного датчика присутствия и его подключения к модулю микроконтроллера показана на **рис. 5**. Позиционные обозначения деталей, находящихся вне плат, помечены на рис. 5 и далее в тексте двойным апострофом. Детали, помеченные апострофом на рис. 3, в данном случае устанавливать не требуется.

Сформированные микроконтроллером и усиленные транзистором VT1 импульсы тока излучающий диод VD1" превращает в ИК-импульсы. Светодиод видимого цвета свечения HL1" служит для визуальной оценки мощности излучаемого ИК-сигнала. Модуль фотопри-

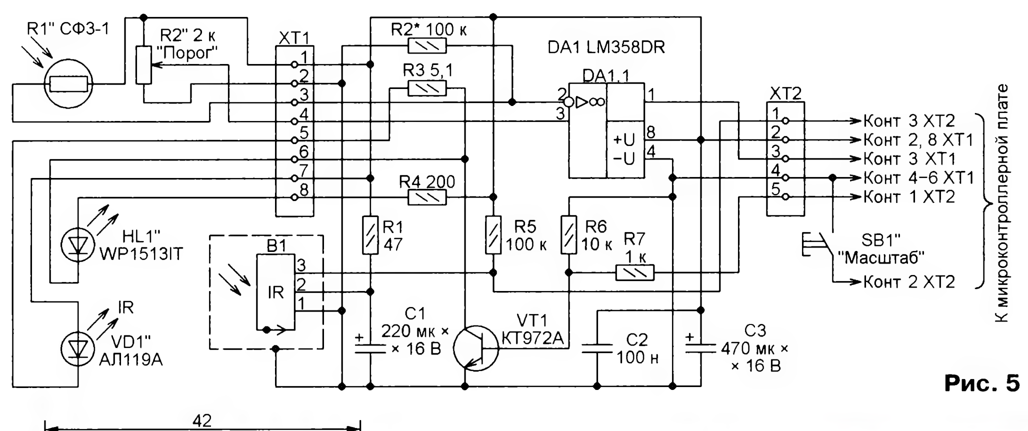
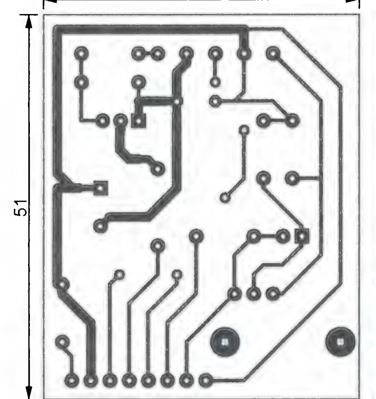
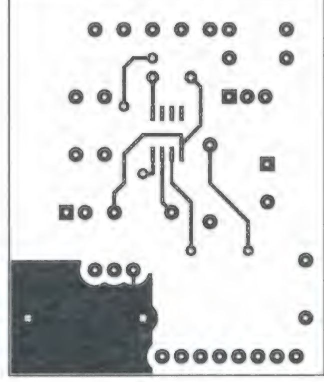


Рис. 5





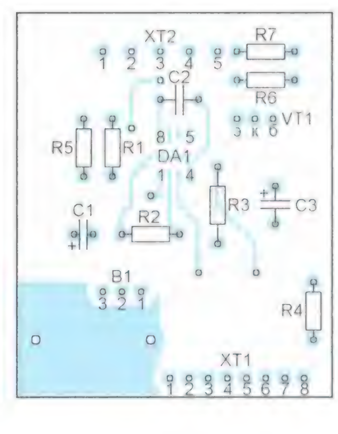


Рис. 6

ёмника B1 преобразует отражённый от объекта ИК-сигнал в электрический, который поступает для обработки в микроконтроллер. Напряжение со служащего датчиком внешней освещённости фоторезистора R1" с помощью компаратора на ОУ DA1.1 сравнивается с порогом, заданным переменным резистором R2".

После инициализации порта и устройств микроконтроллера программа проверяет состояние датчика освещённости. При недостаточной освещённости запускается режим "Быстрая ШИМ" таймера T0 и начинается излучение ИК-сигнала установленной мощности. При достаточной внешней освещённости ШИМ отключена, ИК-сигнал не излучается.

Широтно-импульсный модулятор микроконтроллера работает на частоте 37500 Гц. Характеристики импульсов на его выходе следующие: частота следования — 148 Гц, коэффициент заполнения — 0,055. Принятый отражённый сигнал программа проверяет на совпадение с излучённым и при положительном результате проверки с помощью реле включает освещение. Одновременно запускается таймер отсчёта времени задержки выключения ламп. Он подсчитывает прерывания по срабатыванию сторожевого таймера. Дискретность счёта — 4 с. Длительность задержки задают в программе значением константы SetTime. Например, если она равна 10, то лампы будут гореть 4×10=40 с. После отсчёта задержки программа выключает освещение и возвращается к проверке состояния датчика освещённости.

Средняя мощность ИК-излучения зависит от коэффициента заполнения импульсов, управляющих излучающим диодом VD1". Минимальное значение этого коэффициента и, соответственно, мощности задают константой Lmin, максимальное значение — константой Lmax, а шаг изменения этих параметров — константой StepLum.

При нажатии на кнопку SB1 мощность излучения увеличивается, а по достижении максимального значения она скачком уменьшается до минимальной и снова нарастает. После отпускания кнопки установленное значение сохраняется в EEPROM микроконтроллера.

Печатная плата модуля активного датчика показана на **рис. 6**. Фотоприёмник B1 извлечён из видеоплейера. Обычно это небольшая печатная плата с фотодиодом, микросхемой и тремя выводами, помещённая в металлический экран с окном для фотодиода. Возможная замена — интегральный модуль фотоприёмника TSOP1736 или TSOP1737. Излучающий диод АЛ119А можно заменить на TSAL5100 или на излучающий диод от неисправного ПДУ бытовой аппаратуры. Вместо светодиода WP1513IT подойдёт любой красного или зелёного цвета свечения. Замена фоторезистора СФ3-1 была описана выше.

Цепь питания излучающего диода VD1" необходимо выполнить отдельными проводами большого сечения во избежание наводок на фотоприёмник по цепям питания. Пиковое значение тока через излучающий диод задают подборкой резистора R3, его наименьшее допустимое сопротивление — 3,3 Ом.

Работа устройства успешно проверена при замене биполярного транзистора КТ972А полевым транзистором IRLR2905, исток которого был подключён как эмиттер биполярного, затвор — как база, а сток — как коллектор. Номинал резистора R7 уменьшен до 100 Ом. Такая замена может потребоваться для увеличения тока через излучающий диод, позволяющего увеличить мощность излучения и дальность действия прибора.

Излучающий диод VD1" и фотоприёмник B1 устанавливают на передней панели корпуса прибора так, чтобы они "смотрели" в сторону ожидаемого появления человека. Во избежание прямого попадания в фотоприёмник ИК-излучения диода VD1" на этот диод надевают цилиндр из непрозрачного материала диаметром 8 и длиной 15 мм. Окна приёмника и излучателя закрывают прозрачной плёнкой для защиты от пыли.

Автоматический включатель освещения с пассивным пироэлектрическим датчиком реагирует именно на движение людей или домашних животных, неподвижные объекты он "не замечает". Что касается активного датчика, он реагирует лишь на наличие в зоне действия отражающего ИК-излучение объекта, даже неподвижного. При сопротивлении резистора R3 5,1 Ом и установленной минимальной средней мощности излучения дальность его действия — около 1 м. Применение такого датчика в малогабаритной квартире ограничено отражением ИК-сигналов от мебели и стен. Поэтому требуется регулировка мощности излучения в зависимости от места установки прибора. Однако этот прибор обладает хорошей помехозащищённостью, не реагирует на посторонние засветки, в том числе на ИК-сигналы ПДУ бытовой аппаратуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Сергеев А.** Пироэлектрические датчики ИК-излучения. — Радио, 2004, № 7, с. 49, 50.

2. Infrared Sensors. — URL: **www.murata.com/en-eu/products/sensor/infrared** (20.03.15).

От редакции. *Программы микроконтроллера имеются по адресу* ***ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/09/detect.zip*** *на нашем FTP-сервере.*

тел. 608-28-38
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Три фазы — из одной

В. ХИЦЕНКО, г. Санкт-Петербург

Этот преобразователь разработан автором для питания маломощного трёхфазного электродвигателя в приводе диска рекордера механической звукозаписи. Он обеспечивает три фиксированные частоты вращения диска — 33 1/3, 45 и 78 об/мин. С небольшими переделками преобразователь можно использовать для питания трёхфазных и двухфазных асинхронных электродвигателей мощностью до 1000 Вт как с постоянной, так и с регулируемой частотой вращения.

Регулирование частоты вращения асинхронных электродвигателей возможно только изменением частоты питающего напряжения. Но при снижении частоты необходимо пропорционально уменьшать питающее напряжение во избежание перегрева обмоток и, наоборот, с ростом частоты повышать напряжение для поддержания мощности на валу.

В устройстве [1] применён регулируемый автотрансформатор (ЛАТР), с его помощью изменяется напряжение, от которого зависит амплитуда прямоугольных импульсов заданной частоты, подаваемых на обмотки двигателя. В устройстве [2] амплитуда этих импульсов остаётся постоянной, но изменяется их скважность, что тоже приводит к нужному результату. Недостаток первого устройства — громоздкий автотрансформатор, а второго — слишком сложная схема.

В предлагаемом вниманию читателей преобразователе однофазного сетевого напряжения в трёхфазное, подаваемое на двигатель, указанные недостатки устранены. Он содержит регулируемый симистором выпрямитель и простую цифровую часть, вырабатывающую три последовательности симметричных прямоугольных импульсов, взаимно сдвинутых по фазе на 120°. Схема устройства изображена на **рис. 1**.

Регулируемый выпрямитель представляет собой, по существу, обычный симисторный регулятор, работающий на диодный выпрямительный мост со сглаживающим выпрямленное напряжение конденсатором. Он состоит из силового симистора VS2, симметричного динистора VS1 с пороговым напряжением 32 В, конденсаторов C2, C4, C6, C8. Переключателем SA1.2 выбирают один из трёх резисторов R7—R9, образующих с конденсатором C2 фазосдвигающую цепь, задерживающую момент открывания симистора относительно начала каждого полупериода. Точный расчёт сопротивления этих резисторов затруднён, поэтому они подобраны экспериментально в процессе налаживания преобразователя. От задержки открывания симистора зависит напряжение, до которого заряжаются конденсаторы C4 и C6. Этим напряжением питают мощные ключи на полевых транзисторах VT1—VT6, формирующие выходное трёхфазное напряжение.

Демпфирующая цепь C8R11 снижает коммутационные помехи. А для того чтобы помехи не проникали в питающую сеть, преобразователь подключён к ней через фильтр Z1 DL-6DX1. Он состоит из двухобмоточного дросселя, нескольких конденсаторов и резистора, через который конденсаторы разряжаются после отключения устройства от сети. Для правильной работы фильтра его корпус должен быть заземлён — соединён с третьим контактом сетевой розетки.

Резистор R6 предотвращает повреждение элементов выпрямителя в момент его включения в сеть. Дело в том, что в этот момент конденсаторы C4 и C6 ещё не заряжены. Импульс их зарядного тока, если его амплитуду ничем не ограничить, может вывести из строя либо диоды выпрямительного моста VD1, либо симистор VS2. Резистор R6 ограничивает амплитуду этого импульса приблизительно до 40 А, допустимых для диодного моста и симистора.

Конечно, для ограничения тока можно было применить терморезистор с большим отрицательным ТКС, но подходящих терморезисторов в продаже не нашлось, хотя в каталогах производителей они имеются. Поэтому в качестве R6 применён проволочный резистор С5-35В-7,5 Вт (ПЭВ-7,5). Не стоит заменять его импортным проволочным резистором. Например, резистор фирмы Uni-Ohm сопротивлением 5 Ом и мощностью 5 Вт при включении устройства в сеть мгновенно сгорает.

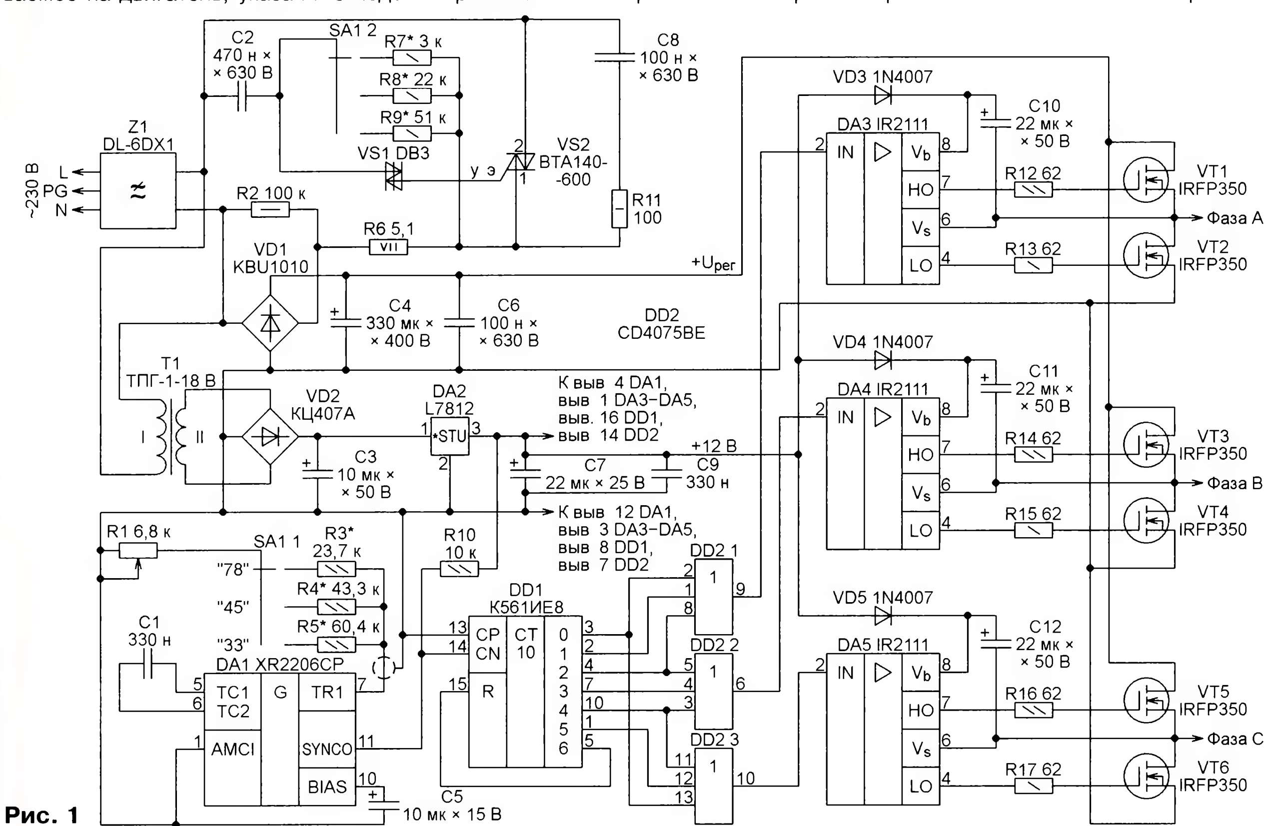


Рис. 1

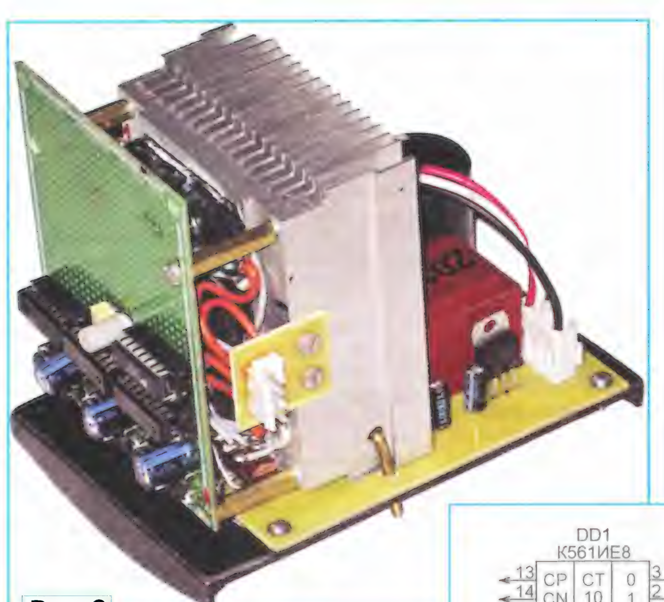


Рис. 2

Разборка этого резистора показала, что в нём на керамический каркас размером с резистор МЛТ-0,5 намотан короткий отрезок чрезвычайно тонкого высокоомного провода, выдерживающего ток не более 2...3 А. Рассеивание постоянной мощности, равной номинальной, обеспечено хорошим отводом выделяемого проводом тепла через внешнюю керамическую оболочку резистора и её заполнитель. Но кратковременную перегрузку во много раз такой резистор выдержать не может.

Резистор R2 нужен для правильной работы симистора VS2. Как известно, чтобы симистор закрылся, разность потенциалов между его электродами 1 и 2 должна стать нулевой. Однако этого не происходит при работе симистора на выпрямительный мост со сглаживающим конденсатором большой ёмкости. Этот эффект и устраняет резистор R2. Его сопротивление может находиться в широких пределах, но при слишком большом его значении симистор перестаёт закрываться в конце каждого полупериода.

Цифровая часть устройства состоит из задающего генератора на микросхеме DA1, распределителя импульсов на счётчике Джонсона DD1, формирователя трёхфазной импульсной последовательности на элементах ЗИЛИ микросхемы DD2, трёх драйверов полумоста DA3—DA5 и шести ключей на полевых транзисторах VT1—VT6, образующих трёхфазный мост.

Частота генерируемых микросхемой XR2206CP (DA1) импульсов определяется простой зависимостью

$$F = \frac{1}{R \cdot C1},$$

где R — сумма сопротивления постоянного резистора (одного из R3—R5, выбранного переключателем SA1.1, спаренным с SA1.2) и введённого сопротивления переменного резистора R1. Следует иметь в виду, что эта частота должна в шесть раз превышать частоту выходного трёхфазного напряжения.

В рекордере для механической звукозаписи диск должен иметь три фиксированные скорости вращения — 78, 45 и 33 1/3 об/мин, а для этого с учётом передаточного числа механизма его двигатель нужно питать трёхфазным напряжением частотой соответственно 18,52, 10,68 и 7,917 Гц. Частота задающего генератора преобразователя должна быть в шесть раз выше

Рис. 3

этих значений — 111,2, 64,1 и 47,5 Гц. Именно для этих частот на схеме указаны номиналы резисторов R3—R5 (из стандартного ряда E96). При этом учтено, что последовательно с ними включается переменный резистор R1, сопротивление которого в среднем положении — 3,4 кОм. С его помощью точно устанавливают частоту вращения диска по стробоскопическим меткам на ободе.

Диоды VD3—VD5 совместно с конденсаторами C10—C12 образуют бутстрепные цепи для питания драйверов "верхних" ключевых полевых транзисторов трёхфазного моста, а резисторы R12—R17 ограничивают импульсный ток затворов транзисторов VT1—VT6. Дело в том, что мощные полевые транзисторы имеют входную ёмкость, исчисляемую тысячами пикофарад. Для предотвращения очень большого тока перезарядки этой ёмкости и служат упомянутые резисторы. Для эффективного ограничения тока сопротивление этих резисторов должно быть как можно больше, но чрезмерное увеличение затягивает процессы переключения транзисторов, что приводит к бесполезному расходу мощности на их нагрев.

Мощность, которую преобразователь может отдать в нагрузку, определяется мощностью выпрямителя и качеством отвода тепла от транзисторов VT1—VT6. В описываемой конструкции был применён теплоотвод от процессора "Пентиум", способный рассеять при обдуве мощность около 30 Вт. Это значит, что в нагрузку может быть передана мощность до 1000 Вт.

Подбирая номиналы элементов, от которых зависит частота задающего генератора, частоту генерируемого напряжения можно изменять в широких пределах, ограниченных только возможностями питаемого двигателя. Кроме того, для каждого значения частоты необходимо установить оптимальное напряжение питания двигателя, подбирая резистор фазосдвигающей цепи симисторного регулятора такого сопротивления, при котором двигатель работает не перегреваясь.

Внешний вид собранного преобразователя показан на **рис. 2**. Так как элементы преобразователя гальванически связаны с сетью 230 В, при работе с ним следует соблюдать меры электробезопасности, прочитать о которых можно в [3].

При отсутствии микросхемы функционального генератора XR2206CP задающий генератор можно построить по типовой схеме на интегральном таймере NE555 или его отечественном аналоге КР1006ВИ1. Вместо микросхемы CD4075BE можно установить К561ЛЕ10 (три элемента ЗИЛИ-НЕ). К сожалению, отечественного аналога драйвера IR2111 не существует.

По описанному принципу несложно построить не только трёхфазный, но и двухфазный преобразователь. Достаточно изменить схему формирователя импульсных последовательностей согласно **рис. 3**. Элемент микросхемы DD2.3, микросхема DA5, транзисторы VT5 и VT6 и связанные с ними компоненты в этом случае не используются.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Мурадханян Э.** Управляемый инвертор для питания трёхфазного двигателя. — Радио, 2004, № 12, с. 37, 38.

2. **Калашник В., Черемисинова Н.** Преобразователь однофазного напряжения в трёхфазное. — Радио, 2009, № 3, с. 31—34.

3. Осторожно! Электрический ток! — Радио, 2015, № 5, с. 54.

От редакции. *Подборку резисторов R7—R9 в симисторном регуляторе удобно производить, включив амперметр постоянного тока в цепь нагрузки регулируемого выпрямителя. Ток, потребляемый от выпрямителя, при любой частоте вращения вала двигателя не должен отличаться более чем на 10 % от его значения при номинальном по частоте и напряжению режиме работы двигателя.*

Ваттметр-счётчик электроэнергии для электровелосипеда

А. НЕФЕДЬЕВ, г. Волгоград

Вниманию читателей предлагается ваттметр-счётчик электроэнергии с внешним датчиком тока. Он предназначен для применения на электровелосипеде. На индикаторе прибора отображаются напряжение батареи, потребляемые от неё ток и мощность, а также расход электроэнергии с момента включения прибора. Устройство собрано на микроконтроллере PIC16F690-I/SO с использованием доступной элементной базы. Оно несложно в повторении.

Для контроля режима работы аккумуляторных батарей электровелосипедов и радиоуправляемых моделей применяют различные измерительные приборы, наиболее популярные из которых — ваттметр-счётчик электроэнергии Turnigy 130A [1] и его аналог G.T. Power RC 130A [2], построенные на микроконтроллерах ATtiny26. Но им свойственны некоторые недостатки. Первый — невысокая надёжность. При использовании ваттметров таких типов

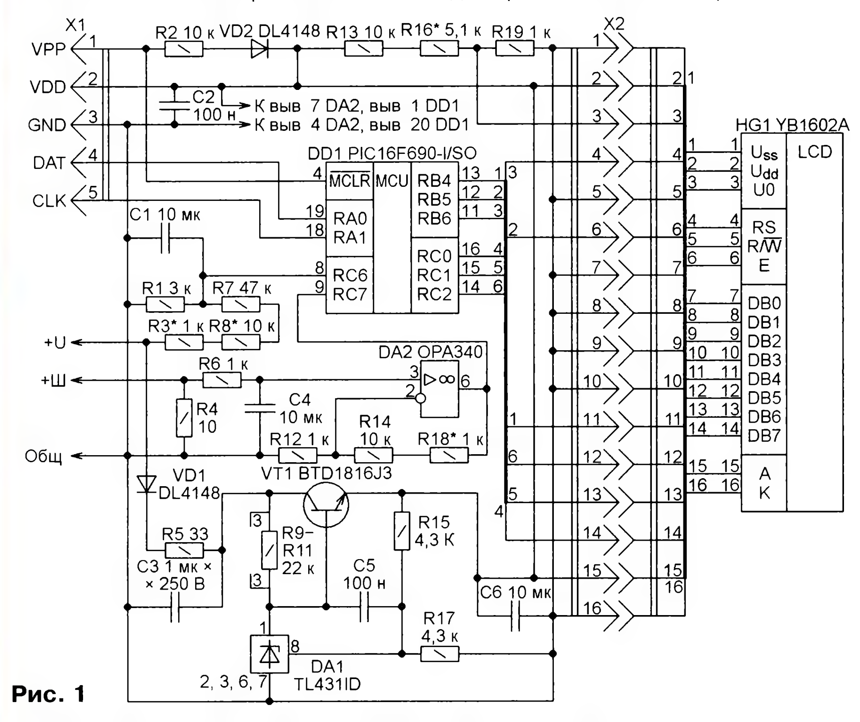


Рис. 1

на электровелосипеде с аккумуляторной батареей номинальным напряжением 48 В отмечены частые отказы приборов. Чаще всего — по причине выхода из строя линейного интегрального стабилизатора напряжения LM2936HVBMA-5.0, хотя и рассчитанного на максимальное входное напряжение 60 В, но работающего без теплоотвода.

Второй недостаток ваттметров указанных типов — датчик тока, установленный на печатной плате прибора внутри его корпуса. Вследствие этого приходится прокладывать от аккумуляторной батареи и двигателя электровелосипеда к месту установки ваттметра на руле толстые силовые провода, что очень неудобно. К тому же падение напряжения на длинных проводах достигает 0,5 В, что существенно увеличивает погрешность измерения напряжения батареи.

И наконец, третий недостаток этих ваттметров — высокая цена.

По этим причинам был разработан предназначенный преимущественно для применения на электровелосипеде ваттметр-счётчик электроэнергии на микроконтроллере, имеющий выносной датчик тока. Программа для его микроконтроллера PIC16F690-I/SO разработана в графической среде Flowcode [3].

Основные технические данные

Напряжение аккумуляторной батареи, В . . . . .25...70
Дискретность отсчёта напряжения, В 0,1
Максимальное напряжение, отображаемое на индикаторе, В 102,3
Ток нагрузки, А . . . . .0...20
Дискретность отсчёта тока, А 0,1
Максимальный ток, отображаемый на индикаторе, А 102,3
Мощность нагрузки, Вт . . . . . .0...10465
Дискретность отсчёта мощности, Вт 1
Измеряемый расход электроэнергии, Вт·ч . . . . .0...99999
Дискретность отсчёта расхода, Вт·ч 1

Схема ваттметра изображена на **рис. 1**. После подачи на его выводы "+U" и "Общ." напряжения аккумуляторной батареи на экран ЖКИ HG1 в течение 0,8 с выводится строка приветствия, затем ваттметр переходит в рабочий режим. Двухстрочный ЖКИ показывает одновременно четыре параметра: напряжение, ток, мощность и расход электрической энергии с момента включения прибора.

Микроконтроллер DD1 работает от внутреннего генератора частотой 8 МГц. Коды из файла VAWWh.hex следует загрузить в программную память микроконтроллера. Для подключения программатора (автор использовал PICkit2) на плате предусмотрен разъём X1.

Напряжение аккумуляторной батареи поступает для измерения на аналоговый вход AN8 (RC6) микроконтроллера через делитель из резисторов R1, R3, R7, R8. Конденсатор C1 — фильтрующий, он устраняет воздействие на прибор помех от работающего электродвигателя велосипеда.

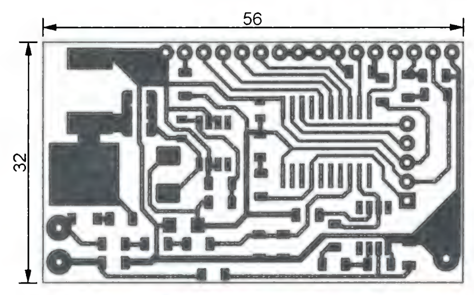
Для измерения тока напряжение с его датчика по цепи "+Ш" через ФНЧ R6C4 поступает на вход усилителя на ОУ DA2, а после усиления — на аналоговый вход AN9 (RC7) микроконтроллера. Предел измерения тока — 102,3 А, но исходя из максимальной мощности, рассеиваемой на датчике, ток не должен превышать 20 А.

Измерения напряжения и тока выполняет внутренний 10-разрядный АЦП микроконтроллера. По их измеренным значениям микроконтроллер вычисляет мощность нагрузки аккумуляторной батареи и количество израсходованной электроэнергии. Эти параметры выводятся на ЖКИ HG1 с округлением до целых значений.

Питается прибор от контролируемой аккумуляторной батареи через линейный стабилизатор напряжения, образованный регулирующим транзистором VT1 и микросхемой параллельного стабилизатора напряжения TL431ID (DA1). Перед стабилизатором установлена цепь VD1, R5, C3, снижающая помехи от работы электродвигателя. Наибольшее допустимое напряжение аккумуляторной батареи 70 В определяется максимальным напряжением коллектор—эмиттер транзистора VT1, размерами его теплоотвода и мощностью рассеяния резисторов R9—R11.

Прибор выполнен на односторонней печатной плате из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм. Чертёж печатных проводников этой платы и расположение элементов на ней показаны на **рис. 2**. На плате имеются четыре перемычки типоразмера 1206 для поверхностного

Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru
тел. 607-88-18



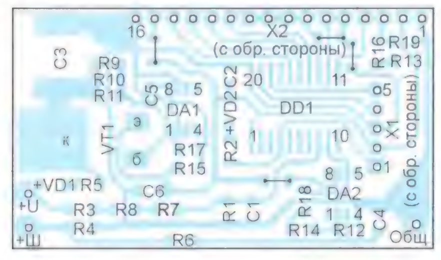


Рис. 2

монтажа. Все элементы, кроме разъёмов, монтируют со стороны печатных проводников. Разъём X1 (угловую штыревую колодку PLS-5R) устанавливают с обратной стороны платы. Там же располагают штыревую часть разъёма X2 (колодку PLS-16). В монтажные отверстия платы индикатора HG1 впаивают ответную гнездовую часть этого разъёма. Можно обойтись и без неё, надев плату индикатора непосредственно на штыри установленного на плате разъёма и пропаяв их. Но это сделает конструкцию трудноразборной.

В ваттметре применены резисторы типоразмера 1206 для поверхностного монтажа. При сборке прибора резисторы R3 и R18 монтировать на плату не следует. Они будут установлены на этапе его налаживания.

Конденсаторы C1, C2, C4, C5 — керамические типоразмера 1206 или 0805. Конденсатор C3 — тоже керамический, но типоразмера 2220. Заменить его может конденсатор любого типа ёмкостью 1 мкФ на напряжение не менее 100 В.

Заменой n-p-n транзистора BTD1816J3 в стабилизаторе напряжения может служить другой транзистор той же структуры в корпусе TO-252 (DPAK) с допустимым напряжением коллектор—эмиттер более 80 В. Например, MJD31CT4, MJD340, 10NC60HT4, 7NM60N, 8N65M5 и другие транзисторы, имеющие аналогичное назначение выводов. К выводу коллектора транзистора дополнительно припаивают полоску тонкой листовой меди площадью приблизительно 6 см^2, служащую теплоотводом.

Для улучшения считывания информации при ярком дневном свете в ваттметр установлен приобретённый на EBay ЖКИ YB1602A [4] с жёлтыми символами на чёрном фоне. Но можно использовать любой другой ЖКИ серии 1602 с напряжением питания 5 В, габаритными размерами 80×36 мм, имеющий такое же назначение выводов.

Прибор собран в корпусе от вышедшего из строя ваттметра G.T. Power RC 130A. Его внешний вид показан на **рис. 3**. При отсутствии такого корпуса ваттметр можно собрать и в любом другом корпусе подходящего размера из изоляционного материала.

Выносной датчик тока сопротивлением 5 мОм состоит из двух размещённых на отдельной печатной плате (**рис. 4**) из стеклотекстолита толщиной 1,5 мм и соединённых параллельно проволочных токоизмерительных шунтов $R_{ш1}$ и $R_{ш2}$ сопротивлением по 10 мОм от мультиметров M830, M838 и им подобных. Такой датчик выдерживает длительную работу при токе до 20 А. Для измерения большего тока резисторы $R_{ш1}$ и $R_{ш2}$ должны быть сделаны из более толстых высокоомных проводов. Можно использовать и стандартный измерительный шунт сопротивлением 5 мОм, например, 75ШИСВ.2-0,5-15 или аналогичный.

Рис. 3

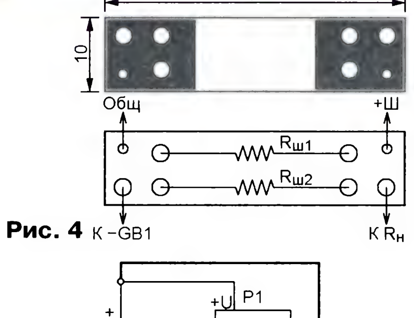


Рис. 4

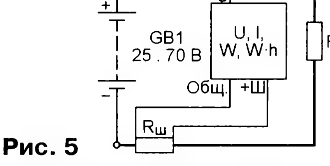


Рис. 5

Сигнал датчика, пропорциональный протекающему через него току, усиливает операционный усилитель OPA340 (DA2). Коэффициент усиления устанавливают подборкой резистора R18 в цепи обратной связи ОУ. Вместо OPA340 может быть применён практически любой одинарный rail-to-rail ОУ в корпусе SO-8, например, OPA241 или TS507.

Схема подключения ваттметра к аккумуляторной батарее GB1 и нагрузке $R_н$ изображена на **рис. 5**. Утолщёнными линиями показана цепь, по которой протекает ток нагрузки. Для уменьшения погрешности измерения датчик тока следует располагать как можно ближе к минусовому выводу аккумуляторной батареи. К ваттметру P1 датчик можно подключать проводами небольшого сечения (на рис. 5 они показаны тонкими линиями).

При налаживании прибора вместо аккумуляторной батареи можно использовать лабораторный источник питания с выходным напряжением 25...50 В и допустимым током нагрузки не менее 5 А. В качестве эквивалента нагрузки можно применить мощный проволочный резистор (ПЭВ или аналогичный) сопротивлением 5...10 Ом.

Налаживают прибор в следующем порядке. Сначала калибруют его вольтметр. Для этого в печатную плату вместо резистора R3 впаивают многооборотный подстроечный резистор сопротивлением 2...4,7 кОм. Далее подают на прибор напряжение от аккумуляторной батареи или от лабораторного источника питания, параллельно подключают точный цифровой вольтметр. Изменением сопротивления подстроечного резистора добиваются одинаковых показаний цифрового вольтметра и налаживаемого прибора. После этого подстроечный резистор выпаивают, измеряют его сопротивление и впаивают в плату постоянный резистор такого же сопротивления.

Затем калибруют измеритель тока. В плату вместо резистора R18 впаивают подстроечный многооборотный резистор сопротивлением 2...4,7 кОм. Последовательно с нагрузкой включают точный цифровой амперметр. Подав напряжение питания, добиваются изменением сопротивления подстроечного резистора одинаковых показаний образцового амперметра и налаживаемого прибора. Затем подстроечный резистор выпаивают, измеряют его сопротивление и впаивают в плату постоянный резистор такого же сопротивления.

При необходимости подборкой резистора R16 устанавливают оптимальную контрастность изображения на индикаторе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ваттметр Turnigy 130A. — URL: **http://www.velomastera.ru/shop/show_good.php?idtov=501720** (22.04.15).

2. Ваттметр G.T.Power RC 130A — URL: **http://li-force.ru/catalog/measuring/gtpower_rc130.html** (22.04.15).

3. Сайт русскоязычной поддержки программы Flowcode. — URL: **http://flowcode.info/** (22.04.15).

4. LCD 16x2 Character LCD Module Black Yellow 5.0V. — URL: **http://www.ebay.com/itm/16x2-1602-16-2-162-Character-LCD-Module-Black-Background-Yellow-Characters-5-0V-/201231583749?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item2eda564a05** (12.04.15).

***От редакции**. Файлы печатных плат в формате Sprint Layout 5.1 и программа микроконтроллера находятся по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/09/vawwh.zip** на нашем FTP-сервере.*

тел. 607-88-18
Приём статей: mail@radio.ru
Вопросы: consult@radio.ru

Прибор для проверки систем электронного зажигания отечественных автомобилей

Л. ЧАЙИ, г. Брянск

Предлагаемый несложный прибор позволяет быстро найти неисправный узел электронной системы зажигания. Его схема изображена на **рисунке**. Прибор состоит из собранного на микросхеме DD1 и транзисторе VT1 генератора импульсов запуска электронного коммутатора системы зажигания и светодиода HL1, служащего индикатором импульсов, вырабатываемых установленным в распределителе зажигания датчиком Холла. Режим работы прибора выбирают переключателем SA1: Д — проверка датчика; К — проверка электронного коммутатора; Р — работа.

Розетку XS1, выведенную из прибора жгутом из трёх проводов длиной 0,5 м, подключают к вилке на распределителе зажигания, отключив от неё розетку, которой оканчивается жгут проводов, идущий от электронного коммутатора. Отключённую от распределителя зажигания розетку присоединяют к вилке XP1 прибора. К контакту 1 должен присоединяться бело-чёрный провод жгута, к контакту 2 — зелёный, к контакту 3 — пурпурный.

С распределителя зажигания снимите центральный высоковольтный провод, идущий от катушки зажигания, и подключите его к центральному электроду контрольной свечи зажигания. Это может быть любая исправная свеча, в том числе бывшая в употреблении. Её корпус соедините с корпусом автомобиля. Для этого можно использовать зажим "крокодил" большого размера.

Переключатель SA1 установите в положение Р. Включите зажигание, и проворачивайте двигатель стартёром, наблюдая искры в зазоре контрольной свечи. Если они имеются и следуют без пропусков, то система зажигания исправна. В противном случае в ней имеется неисправность.

Переведите переключатель SA1 в положение К. При включённом зажигании проворачивайте двигатель стартёром, одновременно вращая ручку переменного резистора R3 "Обороты". Во всех положениях переменного резистора в зазоре контрольной свечи должны регулярно проскакивать белые искры. Если искр нет, они следуют с пропусками или в некоторых положениях движка переменного резистора пропадают, то неисправен и подлежит замене электронный коммутатор.

Если он исправен, переведите переключатель SA1 в положение Д и, не выключая зажигания, проворачивайте двигатель стартёром. Если светодиод HL1 периодически ярко мигает, то датчик Холла исправен. В противном случае он подлежит замене.

Чтобы проверить, не пробит ли бегунок распределителя зажигания, установите переключатель SA1 в положение К. Снимите крышку распределителя и отрезком высоковольтного провода длиной 50 см с маленькими разъёмами "крокодил" на обоих концах соедините контакт бегунка с центральным электродом контрольной свечи, к которому уже подключён провод от катушки зажигания.

Проворачивайте двигатель стартёром при включённом зажигании, и одновременно вращайте ручку переменного резистора R3. Во всех положениях переменного резистора в зазоре контрольной свечи должны регулярно проскакивать белые искры. Если их нет или они следуют с пропусками или в каких-либо положениях движка переменного резистора пропадают, то бегунок следует заменить.

Прежде чем проверять исправность крышки распределителя зажигания, установите переключатель в положение К. Не включая зажигание, медленно поверните коленчатый вал двигателя в такое положение, чтобы бегунок стал точно посередине между любыми соседними контактами крышки, ведущими к свечам в цилиндрах. Оденьте крышку на распределитель и поочерёдно вставляйте высоковольтный провод (которым соединяли бегунок с контрольной свечой) в каждое из пяти гнёзд крышки, каждый раз включая зажигание. Контрольная свеча должна давать полноценные искры во всех положениях движка переменного резистора R3. Если при подключении хотя бы к одному гнезду искр не будет, крышка должна быть заменена новой.

Теперь система электронного зажигания проверена полностью, осталось заменить неисправные элементы.

Приём статей: mail@radio.ru Вопросы: consult@radio.ru тел. 607-88-18

"Танцовщица—виброход"

Д. МАМИЧЕВ, п. Шаталово Смоленской обл.

Эта игрушка—виброход стилизована под танцовщицу русских народных танцев. Её внешний вид показан на **рис. 1**. После включения питания танцовщица начинает плавно вращаться, немного смещаясь в сторону. Схема виброхода показана на **рис. 2**. После включения питания вращение эксцент-

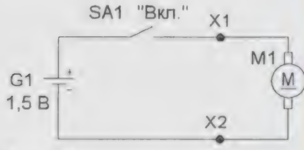


Рис. 2

рика мотора вибрprincipzвонка приводит игрушку в движение. Принцип её действия основан на том, что при вибрации сила сопротивления движению ножек по поверхности из-за их наклона будет разной в различных направлениях. Поэтому направление движения игрушки зависит от числа и размещения "ножек". В данном случае их три, и расположены они по окружности, поэтому игрушка вращается вокруг своей оси.

Рис. 1

Конструкцию устройства поясняют **рис. 3** и **рис. 4**. Все элементы размещены на основании 2 (пластмассовый круг диаметром 35 и толщиной 2...3 мм), в центре которого с помощью клея закреплён опорный стержень 8 (отрезок деревянной шпажки для барбекю длиной 60 мм), на который надевают фигурку танцовщицы 3. Эту фигурку в виде конуса склеивают из половины круга диаметром 130 мм. После изготовления её надевают на стержень 8, и она прочно удерживается на основании 2. В основании 2 делают отверстие, в котором с помощью клея крепят вибрприпзвонок 6. Выключатель питания 4 приклеен к нижней части основания 2.

Рис. 3

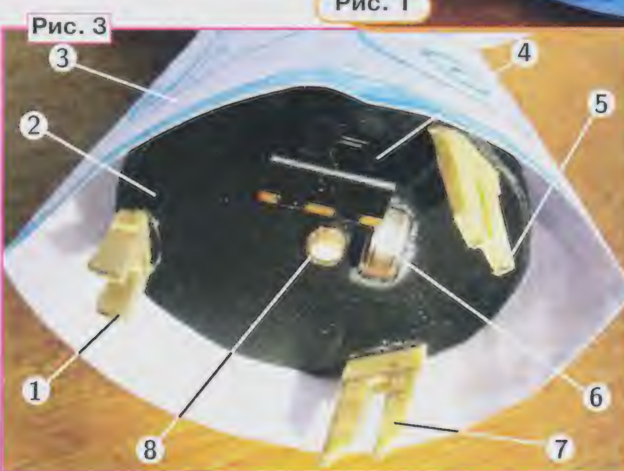
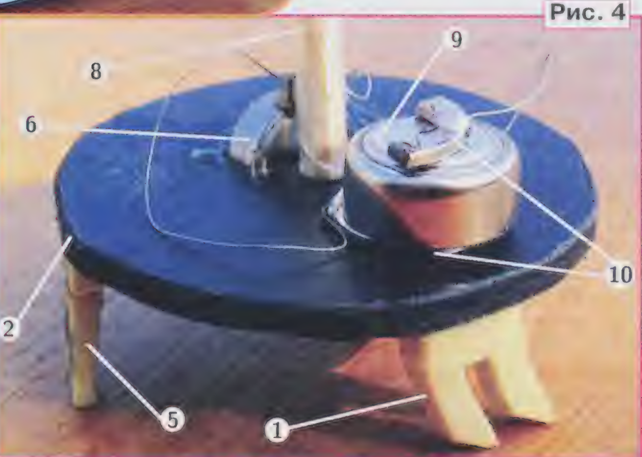


Рис. 4



"Ножки" 1, 5 и 7 приклеены к основанию 2 секундным клеем. Технология их изготовления приведена в статье **Д. Мамичева** "Виброход" ("Радио", 2013, № 6, с. 49). Питается устройство от одного гальванического элемента 9 (LR44). Контакты 10 (XT1 и XT2 на рис. 2) изготовлены из магнитных шайб. Для плюсового контакта применена целая шайба, её предварительно приклеивают к основанию. Минусовый контакт — обломок шайбы. Все электрические соединения выполняют тонкими обмоточными проводками, их удобнее припаивать к магнитным шайбам и выводам виброзвонка. Сам виброзвонок извлечён из старого сотового телефона, магнитные шайбы — из DVD-привода компьютера, выключатель — любой малогабаритный.

Своеобразный танец нескольких таких игрушек можно снять на видео и наложить музыку, удобнее аккордеон или балалайку, — получается очень забавно.

***От редакции**. Видеоролики, иллюстрирующие работу устройства, находятся по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/09/tanzor.zip** на нашем FTP-сервере.*

Батарейные светодиодные светильники с реле времени

Иногда бывает нужно кратковременно подсветить какое-либо тёмное пространство, например, внутренности шкафа, антресолей, нишу в письменном столе, различные подсобные помещения, не имеющие сетевого электроснабжения. Чтобы не искать для таких случаев фонарик или не пользоваться различными суррогатными источниками света, можно изготовить светодиодный светильник с автономным питанием и реле времени, который, будучи постоянно установленным в неосвещённых местах, был бы всегда готов к работе.

Конструкция такого светильника предложена **А. БУТОВЫМ** из с. Курба Ярославской обл. Схема устройства показана на **рис. 1**. Источник питания — Li-Ion аккумулятор G1 с номинальным напряжением 3,7 В. При нажатии на кнопку SB1 через токоограничивающий резистор R5 заряжается конденсатор C3. Полевой транзистор VT2 открывается, осветительные светодиоды EL1—EL3 включаются и светят на полную яркость. Ток через них ограничивает резистор R8. Падение напряжения на открытом транзисторе VT2 при токе 60 мА — около 0,015 В. Конденсатор C3 постепенно разряжается через резистор R6. Когда напряжение затвор—исток транзистора VT2 станет приближаться к пороговому, он начнёт закрываться, а напряжение на конденсаторе C4 — уменьшаться. Это напряжение контролирует микросхема детектора уровня DA1. Выход этой микросхемы — открытый коллектор транзистора структуры n-p-n. Когда напряжение на конденсаторе C4 станет менее 3,3 В, встроенный транзистор откроется, светодиод оптрона U1 включится и открывшийся фототранзистор через резистор R7 быстро разрядит конденсатор C3. Транзистор VT2 закроется, и светодиоды EL1—EL3 погаснут. Таким образом, выключение будет быстрым, без продолжительного слабого свечения светодиодов. Конденсатор C4 кратковременно обеспечивает питанием микросхему DA1 после закрывания транзистора VT2. Время задержки выключения зависит от ёмкости конденсатора C3, сопротивления резистора R6 и порогового напряжения транзистора VT2. При указанных на схеме номиналах элементов R6 и C3 задержка выключения — около трёх минут. Светильник выключается при снижении напряжения на конденсаторе C3 до 0,8 В. При уменьшении напряжения аккумулятора задержка также уменьшается. Когда аккумулятор разрядится до напряжения 3,3 В и менее, при нажатии на кнопку SB1 светодиод HL2 своим свечением будет информировать о том, что аккумулятор пора зарядить.

Для его зарядки можно применить любой источник питания постоянного тока с выходным напряжением 5...6 В, например, ЗУ для мобильных устройств, рассчитанное на ток не менее 0,2 А. Источник питания подключают к гнезду XS1. Зарядный ток ограничивают резисторы R2 и R4, диод VD1 предотвращает разрядку аккумулятора через ЗУ. При зарядном токе более 40 мА начинает открываться транзистор VT1 и свечение светодиода HL1 становится заметным. При токе более 75 мА транзистор открывается полностью и светодиод HL1 светит с максимальной яркостью. Резистор R1 ограничивает ток через этот светодиод, R3 ограничивает ток через эмиттерный переход транзистора, конденсатор C2 уменьшает чувствительность к высокочастотным пульсациям и наводкам.

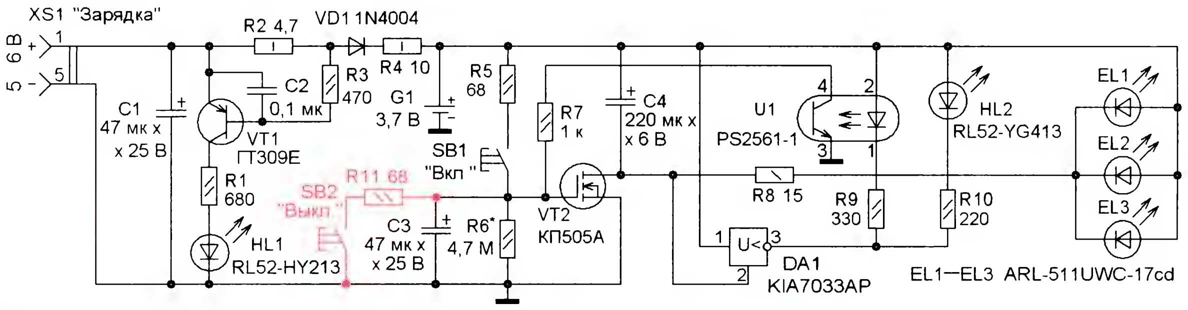


Рис. 1

Рис. 2

Кроме светодиодов, кнопки SB1 и гнезда XS1, все остальные элементы установлены на монтажной плате размерами 23×65 мм (**рис. 2**). Монтаж — навесной, выполнен тонкими многожильными проводами в ПВХ или фторопластовой изоляции. Резисторы — любого типа с соответствующей мощностью рассеивания. Чтобы была возможность регулировать время задержки, взамен резистора R6 можно установить подстроечный сопротивлением до 10 МОм, включённый последовательно с резистором сопротивлением 1 МОм. Конденсатор C2 — малогабаритный керамический или плёночный, остальные — оксидные импортные. На место конденсатора C3 желательно установить экземпляр с как можно меньшим током утечки. Диод 1N4004 можно заменить любым из серий 1N400x, UF400x, КД243, КД247. Светодиоды RL52-HY213 жёлтого цвета свечения и RL52-YG413 зелёного цвета свечения можно заменить любыми общего применения, например, из серий КИПД21, КИПД40, КИПД66. На место светодиода HL2 вместо обычного можно установить мигающий светодиод, например DK5R3SSC. Тогда напоминание о необходимости подзарядки аккумулятора будет выглядеть более настойчивым. В этом случае сопротивление резистора уменьшают до 68 Ом. Светодиоды можно заменить любыми аналогичными без встроенных резисторов, например, ARL-5213UWC-17cd-NS, ARL-5213UWC-17cd-BS, ARL-5213UWC-20cd-BS, ARL-5213UWC-20cd-NS, ARL-5213UWC-25cd, ARL-5213UWC-35cd. Все эти светодиоды должны быть одного типа из одной партии.

Германиевый транзистор ГТ309Е можно заменить любым из серий ГТ309, ГТ308, ГТ322. Возможно применение транзисторов серий МП20, МП25, МП26, МП39, МП40, МП41, МП42, но в этом случае сопротивление резистора R2 должно быть 2...2,4 Ом. Замена транзистора КП505А — любой из серий КП505, BSS295. Следует учесть, что упомянутые в вариантах замен транзисторы имеют отличия в типе корпусов и цоколёвке. Взамен оптрона PS2561 подойдёт любой четырёхвыводный из серий PC817, PS817, LTV817, EL817, SFH617A-2, PS2501-1, PC814, PC120, PC123. Вместо микросхемы KIA7033AP можно применить KIA7034AP. Кнопки — любые малогабаритные без фиксации, перед установкой контакты кнопки проверяют на переходное сопротивление, которое должно быть не более 1 Ом, и на сопротивление изоляции, которое должно быть не менее 1 ГОм. Автор применил кнопку Turbo от передней панели корпуса настольного ПК. Гнездо XS1 — mini-USB, но можно установить и гнездо micro-USB или одновременно оба. Аккумулятор — Li-Ion ёмкостью 1000 мА·ч со встроенным контроллером. Подойдёт любой аналогичный аккумулятор ёмкостью 500...3000 мА·ч для мобильных устройств. Аккумулятор приклеивают к корпусу светильника с помощью двухсторонней липкой ленты.

Если устройство будет настроено на длительную задержку, например, 10...30 мин, целесообразно установить резистор R11 и кнопку SB2 для принудительного выключения светильника. Все детали конструкции размещены в корпусе размерами 25×79×79 мм (**рис. 3**). Внешний вид светильника показан на **рис. 4**.

* * *

Если требуется светильник для подсобного помещения, пользуются которым нечасто, питать его лучше от одного гальванического элемента типоразмера AA или AAA, как наиболее дешёвого. Для построения таких светильников можно применить специализированные микросхемы повышающих преобразователей напряжения YX8018 (широко применяется в газонных светодиодных светильниках) и NCP1400ASN33T1. Особенность этих микросхем — наличие входа управления, подачей напряжения на который можно включать и выключать преобразователь.

Такие варианты светильников предложил **И. НЕЧАЕВ** из г. Москвы. Схема первого показана на **рис. 5**. Он собран на

Рис. 3

Рис. 4

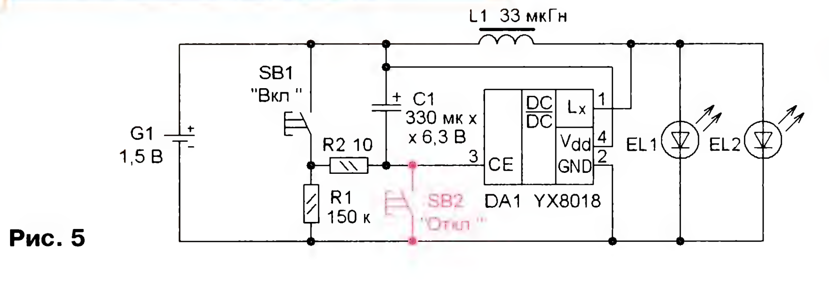


Рис. 5

микросхеме YX8018, которая может обеспечить выходной ток до 30 мА, поэтому применены два светодиода повышенной яркости свечения. После подключения батареи питания начинается зарядка конденсатора C1 и на управляющий вход CE (вывод 3) поступает напряжение, близкое к напряжению питания — преобразователь включается и светодиоды EL1 и EL2 начинают светить. Ток через светодиоды можно задать подборкой накопительного дросселя. При увеличении его индуктивности до 500...800 мкГн ток уменьшается до 2...3 мА. Преобразователь работает до тех пор, пока по мере зарядки конденсатора напряжение на резисторе R1 уменьшится до 0,6...0,7 В, после этого он выключится. Для повторного включения надо кратковременно нажать на кнопку SB1. Резистор R2 ограничивает ток разрядки конденсатора. Для досрочного выключения надо нажать на кнопку SB2, и конденсатор C1 быстро зарядится.

Время задержки выключения определяется скоростью зарядки конденсатора, которая зависит от напряжения питания, сопротивления резистора R1 и ёмкости конденсатора C1. Изменяя номиналы элементов, можно установить желаемое время. Но следует учесть, что сопротивление резистора не может быть больше определённого значения. Обусловлено это тем, что внутри микросхемы между линией питания и входом CE есть токопроводящая цепь (возможно, резистор), и если этот вход оставить свободным, на нём установится напряжение, близкое к напряжению питания. С имеющимися экземплярами микросхем YX8018 при R1 ≥ 200 кОм преобразователь оставался всегда включённым. Кроме того, есть ток утечки конденсатора, который также приводит к увеличению напряжения на этом резисторе. Поэтому было выбрано сопротивление резистора R1 = 150 кОм. Экспериментальные результаты времени задержки приведены в **табл. 1**.

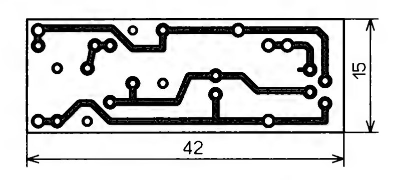
Таблица 1

C1, мкФ	$U_п$ = 0,9 В	$U_п$ = 1,5 В
47	6 с	4 с
330	20 с	18 с
1000	1 мин 30 с	1 мин 10 с

Преобразователь работоспособен при снижении напряжения питания примерно до 0,7 В, т. е. практически до полного истощения энергии гальванического элемента. В дежурном режиме потребляемый ток — несколько десятков мкА.

Все детали размещены на односторонней печатной плате из фольгированного стеклотекстолита, чертёж которой показан на **рис. 6**. Применены резисторы МЛТ, Р1-4, С2-23, конденсатор — импортный, дроссель — выводной EC24, кнопки — ПКн-159 (или импортные) с длинным толкателем.

Более мощный светильник, схема которого показана на **рис. 7**, можно собрать на микросхеме NCP1400ASN33T1. Выходной ток преобразователя — до 60...70 мА, и к нему можно подключить 3—4 светодиода. Его включают нажатием на кнопку SB1, при этом конден-



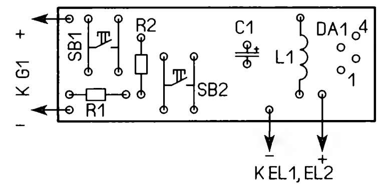


Рис. 6

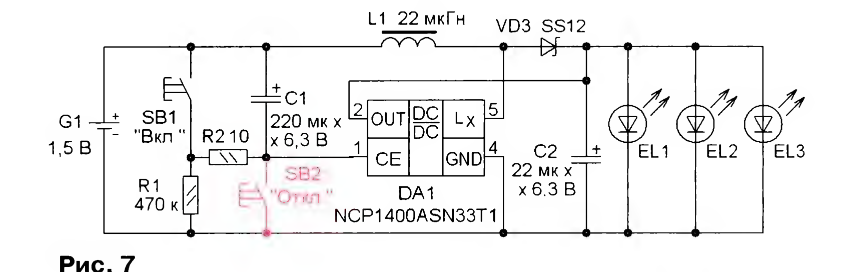


Рис. 7

сатор C1 быстро разряжается, а после отпускания кнопки SB1 начинается его зарядка. Пока он не зарядится, преобразователь будет работать, а светодиоды — светить. В отличие от предыдущей конструкции, в этом преобразователе стабилизируется выходное напряжение (3,3 В), поэтому выходной ток зависит от применённых све-

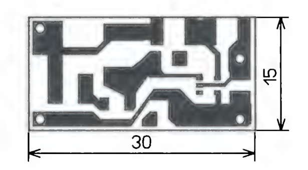


Рис. 8

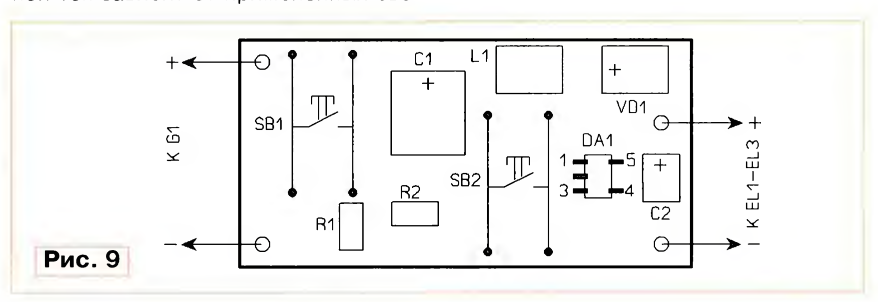


Рис. 9

тодиодов. Число их подбирают так, чтобы суммарный ток не превысил указанного значения и, кроме того, ток через каждый светодиод был бы меньше максимально допустимого. Экспериментальные результаты времени задержки выключения приведены в **табл. 2**.

Все элементы размещены на печатной плате из односторонне фольгированного стеклотекстолита, чертёж которой показан на **рис. 8**, а размещение деталей — на **рис. 9**. Применены резисторы для поверхностного монтажа типоразмера 1206, конденсаторы — для поверхностного монтажа типоразмеров D (C1) и B (C2), дроссель — LQH4N, кнопки — ПКн-159 (или импортные) с длинным толкателем.

Таблица 2

C1, мкФ	$U_п$ = 0,9 В	$U_п$ = 1,5 В
47	13 с	20 с
330	1 мин 50 с	2 мин 10 с
1000	5 мин	6 мин 30 с

Плату первого и второго светильников можно разместить в пластмассовом корпусе подходящего размера. Для толкателей кнопок в стенке корпуса делают отверстия. В светильниках применены светодиоды белого цвета. Чтобы осветить конкретное место, надо применить светодиоды с малым углом излучения, например ARL-513UWC (10°). Для более равномерного освещения подойдут светодиоды с большим углом излучения, например, ARL-5053UWC (100°) или ARL-4853UWC (120°). Их можно установить в отверстия корпуса. Светильники можно закрепить на стене с помощью двухсторонней строительной липкой ленты.

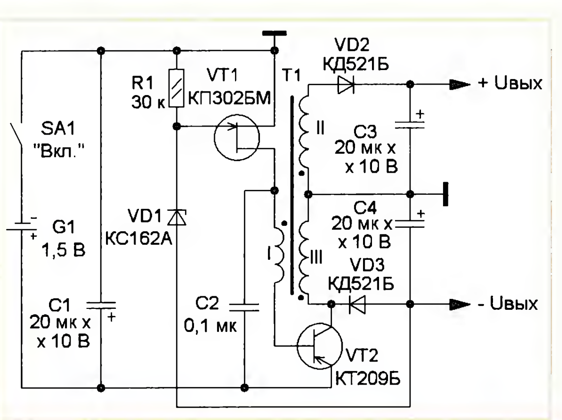
Стабилизированный двухполярный преобразователь напряжения

А. СУЧИНСКИЙ, г. Балашиха Московской обл.

Для питания автономных радиолюбительских конструкций иногда требуется двухполярное напряжение, которое можно получить с помощью преобразователя напряжения. Описание такого стабилизированного преобразователя и предлагается вниманию читателей. Его особенность — возможность работы от источника питания напряжением 1...4 В.

За основу была взята схема преобразователя напряжения (**Сучинский А.** Приставка к мультиметру для измерения ёмкости конденсаторов. — Радио, 2012, № 7, с. 18—20). Интервал входных напряжений этого преобразователя — 1,8...4 В. Уменьшить нижний предел этого интервала до 1 В и менее позволяет замена биполярного транзистора (VT2) на полевой, например, серии КП302.

Схема доработанного преобразователя напряжения приведена на **рисунке**. При входном напряжении 1 В (3,5 В) и отсутствии нагрузки потребляемый ток — 1 мА (0,4 мА), а выходные напряжения — +7,14 В (+7,51 В) и −7,2 В (−7,31 В).



При увеличении выходного тока до 12 мА каждое выходное напряжение снижается примерно на 1 В. КПД преобразователя — 56...77 % в зависимости от сопротивления нагрузки. Преобразователь сохраняет работоспособность при снижении входного напряжения до 0,6 В (при этом снижаются его КПД и нагрузочная способность). Он нечувствителен к обратной полярности питающего напряжения и начинает нормально работать при восстановлении правильной полярности напряжения.

Оксидные конденсаторы — импортные, C2 — К10-17, резистор — любого типа. Транзистор КТ209Б можно заменить транзистором 2Т208Б. Стабилитрон — любой маломощный на напряжение стабилизации 5...7 В. Трансформатор намотан на магнитопроводе Ш4×4 из феррита 2000НМ. Обмотка I содержит 15 витков, а обмотки II и III — по 70 витков провода ПЭВ-2 0,21. Все элементы смонтированы на макетной плате. Налаживание сводится к подборке стабилитрона для получения нужного выходного напряжения. Для увеличения выходного напряжения последовательно со стабилитроном можно включать маломощные диоды в прямом направлении.

Проектирование электронных устройств в программной среде NI Design Tool. Часть 2

Т. КОЛЕСНИКОВА, г. Хмельницкий, Украина

Когда устройство "собрано" в рабочем окне программы Multisim 12.0 и к нему "подключены" все необходимые приборы, анализ его работы начинают с помощью экранной кнопки "Выключатель моделирования", которая находится в правом верхнем углу окна программы или же с помощью экранной кнопки "Пуск" на панели инструментов "Моделирование". Ту же функцию выполняет и клавиша F5.

Чтобы временно приостановить процесс моделирования, используйте экранную кнопку "Пауза", находящуюся в правом верхнем углу окна программы, а также экранную кнопку "Пауза" панели инструментов "Моделирование" или клавишу F6.

Остановить моделирование можно повторным нажатием на экранную кнопку "Выключатель моделирования" или с помощью экранной кнопки "Стоп" на панели инструментов "Моделирование".

Продолжение. Начало см. в "Радио", 2015, № 8

Результаты моделирования можно вывести на принтер или передать в текстовый или графический редактор для дальнейшей обработки.

Проверка правильности соединений

При соединении на экране компьютера компонентов электрических схем сложных устройств между собой не исключены ошибки. Поэтому перед трансляцией подготовленной в Multisim 12.0 принципиальной схемы в программу Ultiboard 12.0 для разработки печатной платы рекомендуется проверить правильность электрических соединений (Electrical Rules Check — ERC). Запускают проверку, подав команду основного меню программы "Инструментарий→Проверка правил соединений".

Отчёт о результатах проверки будет выведен на панель "Блок информации" на вкладке "Результаты", которая находится в нижней части окна программы. Для быстрого поиска места выявленной ошибки на схеме щёлкните дважды левой кнопкой мыши по строке с описанием ошибки на вкладке "Результаты". На схеме это место будет подсвечено.

Режимы и правила проверки задают в окне "Контроль электрических соединений", которое открывают командой "Инструментарий→Проверка правил соединений". Это окно содержит две вкладки. Рассмотрим вкладку "Порядок контроля" (**рис. 10**) более подробно.

В её верхней части находится поле "Проверять", в котором можно задать проверку только активного листа схемы либо всей схемы целиком. Поле "Маркеры контроля" предоставляет возможность путём установки флажков задать необходимость создания на схеме маркеров ERC, отмечающих ошибки, а также удалить старые маркеры ERC. В поле "Дополнительно" аналогичным образом указывают, считать ли ошибками ни с чем не соединённые либо отсутствующие на схеме выводы компонентов.

В нижней части вкладки "Порядок контроля" расположено поле "Результат проверки". В нём можно задать вывод отчёта о результатах проверки в блок информации, в файл или в лист контроля правил и удаление результатов предыдущих проверок ("Стирать старые записи"). На вкладке "Правила соединений" (**рис. 11**) задают уровень серьёзности выявляемых ошибок: предупреждение, ошибка, игнорировать.

Рис. 10

Рис. 11

Рис. 12

Рис. 13

Запускают процедуру проверки схемы с помощью экранной кнопки OK в окне "Контроль электрических соединений". На **рис. 12** представлены схема, в которой проверка ошибок не выявила, и отчёт о результатах этой проверки на вкладке "Результаты" панели "Блок информации". **Рис. 13** демонстрирует схему, в которой ошибки имеются (их места помечены цветными маркерами), вместе с отчётом о результатах проверки.

При необходимости отчёт может быть сохранён в текстовом файле (по умолчанию это файл erc.txt). В его конце приводятся сведения о числе ошибок и предупреждений, дате и времени проверки, её продолжительности.

Подготовка программы Ultiboard 12.0 к работе

Эта программа предназначена для разработки печатных плат, выполнения некоторых функций САПР и подготовки результатов проектирования к производству. Она обладает возможностью автоматизированного размещения компонентов на плате и автоматической трассировки.

После запуска программы Ultiboard 12.0 необходимо задать её конфигурацию (цветовое отображение объектов разработки, шаг и стиль координатной сетки, систему единиц измерения, место расположения файлов проекта). Установленная конфигурация сохраняется и в последующих сеансах работы.

На вкладке "Слои меди" (**рис. 14**) диалогового окна "Установки конструирования платы" вводят число слоёв платы, её толщину и размеры свободных полей по краям платы. Это окно открывают командой "Установки→ Установки PCB" основного меню программы.

Необходимое число парных медных слоёв задают в поле "Пары слоёв", которое находится в верхнем левом углу вкладки. С увеличением значения "Пары слоёв" число внутренних слоёв меди растёт. Установить число одиночных слоёв можно в поле "Одиночные".

Для односторонних и двухсторонних плат значение поля "Пары слоёв" устанавливают равным 1 исходя из того, что эта единственная пара — верхний и нижний слои фольги. Если печатные проводники должны размещаться только в одном слое, на втором слое запрещают трассировку.

По мере увеличения числа слоёв меди программа предоставляет возможность использовать переходные отверстия (ПО). Их выбирают в поле "Допустимые переходные отверстия", устанавливая флажки "Полузакрытые ПО", "Закрытые ПО", "Микро ПО". После изменения параметров слоёв изменяются и варианты возможных ПО, отображаемые списком в поле "Применяемые переходные отверстия". Выбирают необходимые, устанавливая флажки в соответствующих строках списка.

В поле "Допустимая трассировка" задают для выбранного слоя преимущественное направление трассировки проводников (горизонтальное, вертикальное, произвольное) и допустимость использования этого слоя для трассировки проводников. Эти действия выполняют в диалоговом окне "Свойства медного слоя", которое открывают нажатием на экранную кнопку "Свойства" в поле "Допустимая трассировка". Слой должен быть предварительно выбран из выпадающего списка.

В левой нижней части вкладки находится поле "Плата", в котором задают значения ширины зазора по границе платы и её толщины. Зазор по границе — свободное поле, на котором установка каких-либо элементов недопустима. Задав все перечисленные параметры, нажмите на экранную кнопку ОК.

Шаг и стиль координатной сетки устанавливают в окне "Установки конструирования платы" на вкладке "Сетка и единицы" (**рис. 15**). Это окно вызывают командой основного меню программы "Установки→Установки PCB". Командой основного меню "Вид→Сетка" управляют отображением координатной сетки.

При инсталляции программы Ultiboard 12.0 для некоторых её файлов на дисках компьютера автоматически создаются специальные папки. Для удобства работы расположение этих папок разработчик может изменить или задать самостоятельно на вкладке "Директории" диалогового окна "Общие установки". Это окно открывают командой "Установки→Общие установки" основного меню. Необходимые изменения вносят в пути доступа к основным (проекты, графические образы) и индивидуальным (конфигурация) файлам и папкам, а также к файлам баз данных.

Трансляция электрической схемы в Ultiboard 12.0

После завершения работы над принципиальной схемой устройства в рабочей области Multisim (**рис. 16**) схему можно экспортировать в программу разработки печатных плат Ultiboard. Для этого в основном меню программы Multisim необходимо подать команду "Трансляция→Передать в Ultiboard→Передать в 12.0". Последний пункт этой команды задаёт версию программы Ultiboard, в которую предполагается выполнить трансляцию. Возможные варианты — 11.0 и 12.0. После этого будет открыто окно "Проводника" Windows, в

Рис. 14

Рис. 15

Рис. 16

котором следует указать имя и расположение файла создаваемой печатной платы, после чего нажать на экранную кнопку "Сохранить". В результате будет запущена программа Ultiboard и в отдельном окне выведен список цепей и компонентов, подлежащих импорту из Multisim 12.0.

При необходимости импорт определённого компонента или цепи можно отменить. Для этого в окне "Импорт перечня соединений" (**рис. 17**) в поле "Элемент" нужно левой кнопкой мыши выделить строку с названием элемента, а в поле "Действия в Ultiboard" щёлкнуть мышью по строке, соответствующей выбранному элементу. Затем из выпадающего списка выбрать пункт "Пропустить".

Элемент	Действия в Ultiboard	Состояние
Корпус C1	Добавить C1 как P_ELKO_A	
Корпус D1	Добавить D1 как SIL4	
Корпус LED1	Добавить LED1 как LED9R2_5V	
Корпус R1	Добавить R1 как TRIPOT10X5V	
Корпус R2	Добавить R2 как RESC0603X30N	
Корпус R3	Добавить R3 как RESC0603X30N	
Корпус R4	Добавить R4 как 0402	
Корпус U1	Добавить U1 как TO3	
Слои Copp...	Добавить слои Copper Bottom, ...	
Цепь 0	Добавить цепь 0	
Цепь 0	Добавить C1 вывод - в цепь 0	
Цепь 0	Добавить D1 вывод 4 в цепь 0	
Цепь 0	Добавить LED1 вывод C в цепь 0	
Цепь 0	Добавить R4 вывод 2 в цепь 0	
Цепь 0	Добавить R1 вывод 1 в цепь 0	
Цепь 1	Добавить цепь 1	
Цепь 1	Пропустить	Изменено
Цепь 1	Добавить U1 вывод 1 в цепь 1	
Цепь 1	Добавить D1 вывод 1 в цепь 1	

Рис. 17

Рис. 18

Рис. 19

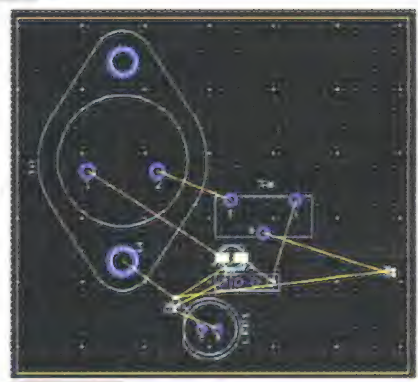


Рис. 21

Чтобы выполнить передачу в программу Ultiboard компонентов и соединений схемы, нажмите на экранную кнопку OK. В результате в рабочем поле этой программы появится контур платы, над которым будут расположены компоненты схемы, импортированной из Multisim 12.0 (**рис. 18**). Габаритные чертежи компонентов передаваемой схемы программа Ultiboard 12.0 автоматически выбирает из имеющихся в ней библиотек, размещая компоненты в рабочем окне редактора печатных плат произвольным образом. Как правило, она группирует их по типам. Электрические связи между выводами компонентов на этом этапе отображаются тонкими прямыми линиями, соединяющими выводы в соответствии со схемой по кратчайшим путям. На вкладку "Результаты" панели "Блок информации" будет выведен отчёт с сообщением о числе ошибок, допущенных в процессе трансляции.

Повторы
Количество заходов [1..10] 2
Оценка
Фактор вывода [0..10] 9
Фактор корпуса [0..10] 1
Компоненты
Поворот THT 90°
Разворот SMD Нет
Поворот SMD 90°
Минимальный интервал 0.500000 мм
Прочее
☑ Использовать смену выводов/секций
☑ Использовать смену корпусов

Рис. 20

Размещение компонентов на плате

Далее необходимо вручную переместить компоненты внутрь контура печатной платы с учётом их размеров и формы. Следует стремиться расположить их компактно. Компоненты выделяют и сдвигают в нужные позиции с помощью левой кнопки мыши, при этом электрические связи тянутся за ними. Пример результата ручного размещения компонентов на плате представлен на **рис. 19**.

Разместить компоненты внутри контура платы можно и автоматически. Параметры этого процесса задают на вкладке "Авторазмещение" окна "Параметры автотрассировки" (**рис. 20**). Это число заходов, фактор вывода, фактор корпуса, разрешение поворота компонентов при авторазмещении, минимальный интервал между компонентами на плате, разрешение смены выводов, секций и корпусов для оптимального авторазмещения компонентов.

Чтобы начать авторазмещение, в основном меню программы подают команду "Автотрассировка→ Начать автоустановку". Результат выполнения этой команды показан на **рис. 21**. На практике полезно вслед за автоматическим размещением компонентов на плате откорректировать его вручную. Список всех компонентов и цепей проектируемого устройства можно просмотреть на вкладках "Компоненты" и "Цепи" панели "Блок информации".

При необходимости можно изменить размеры платы. Для этого правой кнопкой мыши выделите её контур. Для удобства можно использовать фильтр "Выделение других элементов". Одновременно с выделением будет открыто контекстное меню, в котором следует выбрать пункт "Свойства". В результате будет открыто диалоговое окно "Параметры прямоугольника". Размер платы задают или корректируют на вкладке "Прямоугольник" (**рис. 22**), введя значения её длины и ширины в одноимённых полях. Их можно ввести как вручную с клавиатуры, так и с помощью переключателей

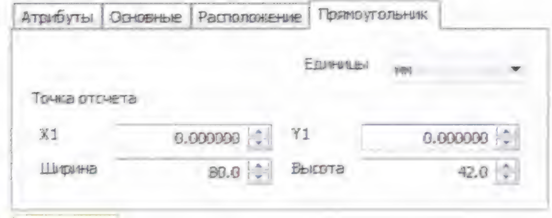


Рис. 22

значений размеров. Кроме того, размер платы можно изменять, перемещая стороны её контура левой кнопкой мыши.

Более углублённо ознакомиться с программами Multisim & Ultiboard 12.0 можно в [1] и [2].

(Окончание следует)

RPX-WFA — от "полюса до полюса"

Борис СТЕПАНОВ (RU3AX), г. Москва

Радиолюбителям в начале прошлого века разрешили для экспериментов "никому не нужные" короткие волны (длина волны менее 200 метров). Они быстро обнаружили, что такие радиоволны вовсе не такие уж "не нужные" и что они позволяют проводить радиосвязи на несколько тысяч километров. И тогда короткими волнами серьёзно заинтересовались наконец профессиональные службы радиовещания и радиосвязи. Это были годы стремительного развития всех радиосредств, а поскольку радиоволны не знают границ, вскоре стала очевидной необходимость международной координации их использования.

Первый серьёзный международный разговор о наведении порядка на всех диапазонах состоялся на конференции Международного радиотелеграфного союза в 1927 г. (незадолго до его объединения с Международным телеграфным союзом). Она проходила в Вашингтоне. В конференции приняли участие делегации 44 стран. На ней впервые были расписаны рекомендации по использованию радиоволн от 220 до 30000 метров различными гражданскими радиослужбами — радиовещанием, связью между подвижными объектами, с авиацией, между стационарными объектами и т. д. В этой рекомендации появилась и знаменитая частота для передачи сигналов бедствия — 600 метров (500 кГц). Вторая рекомендация, принятая на этой конференции, касалась коротких волн. Тогда, в частности, впервые были определены границы КВ-диапазонов для любительской связи (**рис. 1**).

Распределение длин волн,

принятое на международной радиоконференции в Вашингтоне

В ДОПОЛНЕНИЕ к опубликованному в № 10 „РЛ" (стр. 393) списку, даем из остальной части его список волн, предоставленных для радиолюбительской работы и для радиовещания. Остальные волны распределены между подвижными и неподвижными станциями.

Надо отметить, что в настоящем распределении волн любителям уделено слишком мало внимания. Им предоставлены слишком узкие диапазоны и отнят тридцатиметровый диапазон, на котором работали до сего времени многие европейцы и DX.

Это об'ясняется тем, что на конференции присутствовали представители правительств (представителей любителей было очень мало), настроенных (кроме США, Канады и Австралии) против интересов любителей.

Возможно, что это распределение повлечет в будущем к его несоблюдению любителями.

Волны метр.	Частоты килоц.	
200 —230	(1.500— 1.300) . . .	Радиовещание (а также подвижные станции — только на 200 м.).
150 —175	(2.000— 1.715) . . .	Любители (вместе с подвижн. и неподвижн. станциями
75 — 85	(4.000— 3.500) . . .	„ „ „ „ „ „ „
48,8 — 50	(6.150— 6.000) . . .	Радиовещание.
41 — 42,8	(7.300— 7.000) . . .	Любители.
31,2 — 31,6	(9.600— 9.500) . . .	Радиовещание.
25,2 — 25,6	(11.900—11.700) . . .	„
20,8 — 21,4	(14.400—14.000) . . .	Любители.
19,55— 19,85	(15.350—15.100) . . .	Радиовещание.
16,85— 16,9	(17.800—17.750) . . .	„
13,9 — 14,0	(21.550—21.450) . . .	„
10,0 — 10,7	(30.000—28.000) . . .	Любители и экспериментаторы.
5,0 — 5,35	(60.000—56.000) . . .	„ „ „

Рис.1

Ещё одно значимое решение этой конференции — появление единой системы образования позывных с соответствующим распределением буквенных префиксов по странам. Она во многом напоминает ту систему, которая используется и сегодня (в частности, для любительских радиостанций). Для позывных радиостанций СССР тогда были выделены только блоки RAA—RQZ. Позывные государственных и коммерческих сухопутных радиостанций должны были состоять из трёх букв соответствующих серий, морских — из четырёх букв (добавлялась четвёртая, например, RAEM), воздушных — из пяти.

Предполагалось, что изменения будут введены к 1 января 1929 г. Для профессиональных радиостанций это действительно было сделано, а вот переход радиолюбителей на новую единую систему образования позывных затянулся. В целом ряде стран (в том числе и в СССР) радиолюбители продолжали использовать некоторое время в 1929 г. старые позывные, сформированные по нескольким "своим" системам.

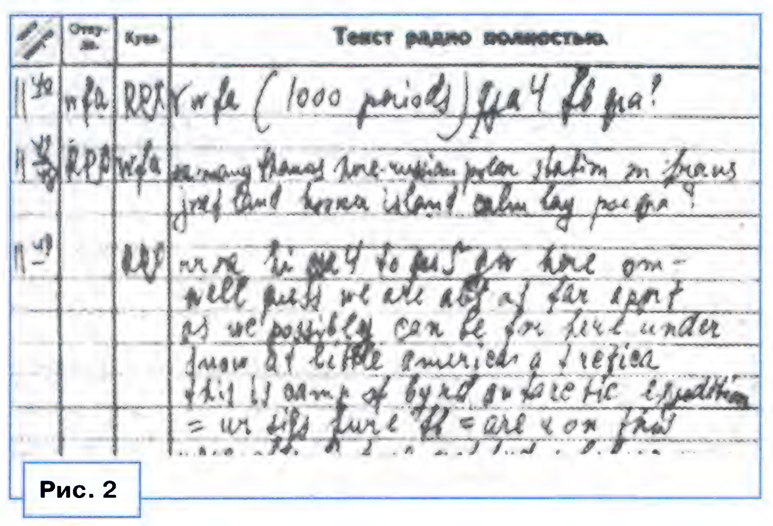
В 1929 г. Эрнст Теодорович Кренкель, уже известный как серьёзный полярный радист, был зачислен радистом экспедиции, перед которой была поставлена задача создания самой северной полярной станции — на Земле Франца-Иосифа. Эта полярная станция, кроме проведения чисто научных работ, должна была обеспечивать погодной информацией возможные перелёты самолётов из Европы в Америку. Она была создана в бухте Тихой на острове Гукерта. У Кренкеля тогда уже был любительский позывной 2EQ, который, как и у всех советских коротковолновиков, уже не соответствовал новой международной системе позывных любительских радиостанций. А для профессиональной работы он получил позывной RPX.

Полярная станция приступила к своей работе в августе 1929 г. Вот что писал Эрнст Теодорович в своих воспоминаниях:

"На станции имелся только коротковолновый передатчик мощностью 250 Вт. Передатчик был разработан и

выполнен на заводе имени Козицкого. Питался он током 1000 периодов от умформера, который в свою очередь питался от динамомашины постоянного тока, которая приводилась в движение керосино-бензиновым мотором в 5 лошадиных сил.

Связь поддерживалась регулярно утром и вечером на волнах 40-метрового диапазона с ближайшей коротковолновой радиостанцией, расположенной в 700 километрах от бухты Тихой на Маточкином Шаре. Зимнюю половину года связь была хорошей, в летнюю значительно ухудшалась.".



Откуд.	Куда	Текст радио полностью.

Рис. 2

В то время радиосвязи на коротких волнах даже на несколько тысяч километров уже не были редкостью, но было естественным стремление всех радистов установить её на самое большое расстояние — с антиподом. Для радиостанций, расположенных на континентах, это было просто нереально, поскольку либо там (в районе антиподов) ещё не было радиостанций, либо точка антипода приходилась вообще на просторы мирового океана. Кренкелю повезло — одновременно с появлением нашей полярной радиостанции на Земле Франца-Иосифа в Антарктике начала работу американская экспедиция адмирала Берда, которая поддерживала связь с США на коротких волнах через промежуточные радиостанции. И связь на рекордное расстояние (почти "от полюса до полюса") могла стать реальностью. Так и случилось 10 января 1930 г.

После обычной для него радиосвязи с Маточкиным Шаром Кренкель решил дать общий вызов на волне 42 метра. И тут же услышал, что его кто-то вызывает. Слышимость была хорошей, и он решил сначала, что вызывает какая-то не очень удалённая радиостанция. Позывной был американский — WFA.

Современного читателя не должен удивлять общий вызов, передаваемый не любительской радиостанцией. Шло освоение коротких волн, "своих" корреспондентов было не так уж много, и профессиональные радисты порой набирались опыта, работая почти как радиолюбители — проверяя радиотрассы со случайными "чужими" радиостанциями. Это тогда не воспрещалось.

На **рис. 2** приведена копия страницы аппаратного журнала Кренкеля с записью этой уникальной радиосвязи. Вот расшифровка и перевод с английского этой записи:

"10.40 WFA RPX Слышимость 4 балла. Превосходно. Где вы находитесь?"

"10.42-48 RPX WFA Принято, большое спасибо. Здесь русская полярная станция на Земле Франца-Иосифа, остров Гукера, бухта Тихая."

"10.49 WFA RPX Принято. Отлично. Слышимость от 4 до 5 баллов. Думаю, что мы с вами находимся настолько далеко друг от друга насколько это возможно. Здесь "Малая Америка", Антарктика — лагерь антарктической экспедиции Берда. Ваши сигналы слышны отлично. Часто ли вы бываете на этой волне?...".

Уверенная радиосвязь была установлена и продолжалась около часа. Оценка слышимости давалась по пятибалльной шкале. Цифры 4—5, приведённые выше в радиограммах, соответствуют примерно оценкам 7—9 баллов по современной девятибалльной шкале силы сигналов.

Радист американской экспедиции Говард Мейсон использовал во время этой радиосвязи передатчик мощностью 800 Вт, а расстояние между корреспондентами было рекордным для того времени — более 20 тыс. километров.

Переход к международной системе

Единая для всего мира международная система позывных радиостанций планировалась к введению с 1 января 1929 г. Но с позывными любительских радиостанций эта процедура в ряде стран несколько затянулась. СССР, в частности, не пошёл сразу на присоединение к этой системе. Причины этого не известны, но с высокой степенью вероятности можно предположить — на это повлиял тот факт, что у нас тогда только-только прошла своя реформа позывных любительских радиостанций, поэтому желания и сил "начинать всё сначала" ни у кого не было.

Но международный характер радиосвязи требовал и от нас перехода к единой международной системе позывных. И вот в середине 1933 г. в журнале "Радиофронт" появилось, наконец, следующее сообщение:

"Советские коротковолновики-радиолюбители получают позывные, начинающиеся на букву "U" (УНИОН). Второй знак (цифра), определяющий район действия радиостанции, и последние две буквы, индивидуализирующие радиостанцию, остаются прежними".

Иными словами, позывной, например, 1AK просто заменялся на U1AK.

Однако, судя по всему, эта простая процедура заняла в стране примерно полгода, и переход к новой системе позывных завершился только к началу 1934 г. Эта система позывных любительских радиостанций в нашей стране просуществовала до начала Великой Отечественной войны и легла в основу и послевоенной системы позывных.

Мемориал "Победа-70" — итоги

Игорь ГРИГОРЬЕВ (RV3DA), г. Коломна Московской обл.

Подведены итоги мемориала "Победа", который каждый год проводят Союз радиолюбителей России и редакция журнала "Радио". В этом году он имел особое значение для его участников, поскольку был посвящён 70-летию Победы нашего народа в Великой Отечественной войне. Основная цель мемориала — увековечение памяти о подвигах защитников и жителей городов-героев, городов воинской славы России, воинских подразделений, Героев Советского Союза и кавалеров ордена Славы, предприятий, организаций, объединений и отдельных граждан, совершённых на фронте и в тылу в период Великой Отечественной войны, достигнута.

Затем к участникам мемориала со словами приветствия обратились ветераны Великой Отечественной войны, команды радиостанций городов-героев и городов воинской славы, команды мемориальных радиостанций. Особо приятно было слушать приветствие команды радиостанции EN70FF из Одессы — первого города, которому было присвоено звание "Город-герой".

До глубины души тронуло выступление Евдокии Петровны Калининой из г. Азнакаево (Республика Татарстан) — RP70RT о горе, принесённом в семьи наших людей той войной. Евдокия Петровна работала в годы войны почтальоном и приносила односельчанам похоронки на родных и близких.

На мемориальной радиостанции RP70RT работает Евдокия Петровна Калинина.

Торжественная церемония открытия мемориала "Победа" прошла 3 мая 2015 г. Открыл его член Президиума СРР Антон Думанский (R1AX). Президент СРР Дмитрий Воронин (RA5DU) поздравил участников с открытием мемориала. Он сообщил, что в этом году к Дню Победы ряд ветеранов Великой Отечественной войны (радиолюбителей) по представлению СРР отмечены значками "Почётный радист". Прозвучало, конечно, и приветствие редакции журнала "Радио".

Три похоронки принесла она себе домой — на отца и двух своих братьев ...

Всего в церемонии торжественного открытия приняли участие 57 радиостанций.

Страна наша огромная, и открытие мемориала на диапазоне 7 МГц ориентировано, конечно, на радиолюбителей преимущественно из Европы. Одновременно в диапазоне 14 МГц для радиолюбителей Сибири и Дальнего Востока церемонию открытия мемориала проводила радиостанция RP70P, работу которой обеспечивало РО СРР по Тюменской области.

А завершился мемориал "Вахтой памяти" и встречей городов-героев и городов воинской славы.

Закончена обработка отчётов мемориальных радиостанций и ветеранов Великой Отечественной войны. Теперь можно подвести итоги мемориала. В этом году звучали позывные сигналы 273 мемориальных любительских радиостанций из Азербайджана, Беларуси, Болгарии, Ирландии, Казахстана, Молдовы, России, Украины. Операторами мемориальных радиостанций были 1106 радиолюбителей. Ими проведено чуть более миллиона связей (1017239 QSO!) с 55045 радиостанциями из 221 страны мира. Российские радиолюбители приняли самое активное участие в мемориале — в 69 республиках, краях и областях России работали 235 мемориальных радиостанций. С ними провели связи 19429 радиостанций.

Больше всех радиосвязей провела мемориальная радиостанция из Болгарии LZ70VZ, работавшая в память о Герое Советского Союза Заимове Владимире Стоянове — болгарском военном и политическом деятеле, советском военном разведчике, генерал-полковнике болгарской армии.

Участникам мемориала выдано в электронном виде 5622 диплома "Победа-70", 2340 дипломов "Победа-70. Города-герои" и 1095 дипломов "Победа-70. Города воинской славы".

В мемориале приняли участие 20 ветеранов Великой Отечественной войны. Наибольшую активность среди них проявил Борис Михайлович Ведерников (U6HU) из города Минеральные Воды Ставропольского края. Среди тружеников тыла самым активным был Релен Викторович Осмоловский (R6KO) из Симферополя.

Среди остальных участников мемориала наиболее активной была индивидуальная радиостанция EX8MJ, оператором которой является Сергей Васильевич Раков из Бишкека, Кыргызская Республика. У клубных радиостанций отличилась радиостанция RC1C из Ленинградской области. Среди индивидуальных молодёжных радиостанций самой активной была Анастасия Клеймёнова (RA3SAE) из села Токарево Рязанской области, а лучшей молодёжной клубной радиостанцией стала RW9UWK Станции юных техников г. Осинники Кемеровской области.

Все перечисленные радиостанции будут отмечены памятными призами АНО "Редакция журнала "Радио" — плакетками для клубных радиостанций и медалями для индивидуальных радиостанций.

В настоящее время изготовлена и уже разослана большая часть QSL-карточек мемориальных радиостанций с исторической информацией. Усилиями Евгения Глухова (R4AS) и Анны Савостиной (RQ4A) создан и продолжает работать сайт мемориала. На нём размещена историческая информация.

Мемориал "Победа-70" завершён. Начата подготовка к мемориалу "Победа-71".

Усилитель мощности на лампе ГУ-81М

Вячеслав ФЕДОРЧЕНКО (RZ3TI),
г. Дзержинск Нижегородской обл.

Усилитель мощности (УМ) выполнен по схеме с общей сеткой на проверенной временем надёжной лампе прямого накала с графитовыми анодами ГУ-81М (**рис. 1**). Несомненными преимуществами этого УМ является его готовность к работе через несколько секунд после включения и неприхотливость в эксплуатации. Применяемая в усилителе защита от перегрузок и коротких замыканий, мягкое включение и регулируемый спящий режим работы позволили создать экономичный УМ с достойными характеристиками при минимальных габаритах и затратах. В нём используются в основном отечественные комплектующие. Усилитель имеет низкий уровень акустического шума, поскольку вентилятор включается автоматически (только при достижении в ламповом отсеке температуры более 100 °C). Высокая линейность обеспечена выбором оптимального режима работы лампы и применением вариометра в П-контуре вместо традиционной катушки с закорачиваемыми витками. Всё это позволило получить подавление второй и третьей гармоник в выходном сигнале на уровне –55 дБ. Выходная мощность усилителя — 1 кВт при напряжении на аноде лампы 3 кВ и входной номинальной мощности 100 Вт.

На входе усилителя включены диапазонные П-контуры L9—L17, C8—C25, переключаемые посредством реле K6—K14. Они обеспечивают согласование с любым импортным трансивером (даже не имеющим встроенного тюнера), обеспечивая КСВ по входу не хуже 1,5 на всех диапазонах. Время перехода УМ в спящий режим от 5 с до 15 мин устанавливает регулятор, который выведен на переднюю панель. Также введён режим работы усилителя при пониженной до 50 % выходной мощности ("TUNE"), который получается при снижении напряжения накала лампы VL1 до 9 В. При этом можно сколь угодно долго настраивать УМ и полноценно, без потери качества сигнала, работать в эфире.

В усилителе применена параллельная схема питания анодной цепи. По сравнению с последовательной схемой она более безопасная, поскольку на элементах П-контура отсутствует высокое напряжение. Применение высокодобротной катушки индуктивности, подключаемой параллельно обмоткам вариометра на ВЧ-диапазонах, и отсутствие закорачиваемых витков катушки П-контура позволило также получить практически одинаковую выходную мощность на всех диапазонах.

При включении УМ в сеть напряжение 220 В поступает через сетевой фильтр L19L20 на первичную обмотку трансформатора T2 через галогеновую лампу EL1. Это обеспечивает мягкое включение усилителя, продлевая жизнь лампе ГУ-81М и другим элементам устройства. После зарядки конденсаторов C40—C49 высоковольтного выпрямителя до 2,5 кВ напряжение, снимаемое с делителя на резисторах R13—R16, поступает на базу транзистора VT3, транзистор открывается, срабатывает реле K4, замыкая своими контактами K4.1, K4.3, K4.4 галогеновую лампу EL1. На обмотку I трансформатора T2 поступает полное напряжение сети. Особенность такого включения — малый гистерезис срабатывания/отпускания реле K4, что обеспечивает надёжную защиту от различных перегрузок (короткое замыкание во вторичных цепях питания, цепи накала и замыканиях в обмотке трансформатора T2). При возникновении любой из перечисленных неисправностей напряжение на базе транзистора VT3 уменьшится, реле K4 выключится и трансформатор T2 вновь окажется подключённым к сети через лампу EL1, что ограничивает ток на уровне 1 А, предотвращая выход из строя лампы VL1 и УМ в целом.

Управление работой усилителя осуществляется узлом на транзисторе VT1. При замыкании на общий провод контакта X1 "Упр TX" (ток в этой цепи 10 мА) транзистор открывается и реле K1, K2 подключают своими контактами вход и выход усилителя к ВЧ-разъёмам XW1, XW2. Одновременно контакты реле K1.2 замыкают цепь катода лампы VL1 на общий провод, и усилитель переключается в режим передачи сигнала. В режиме "QRP" выключатель SA3 отключает питание транзистора VT1, что исключает переход усилителя в активный режим, и в антенну сигнал поступает непосредственно с выхода трансивера.

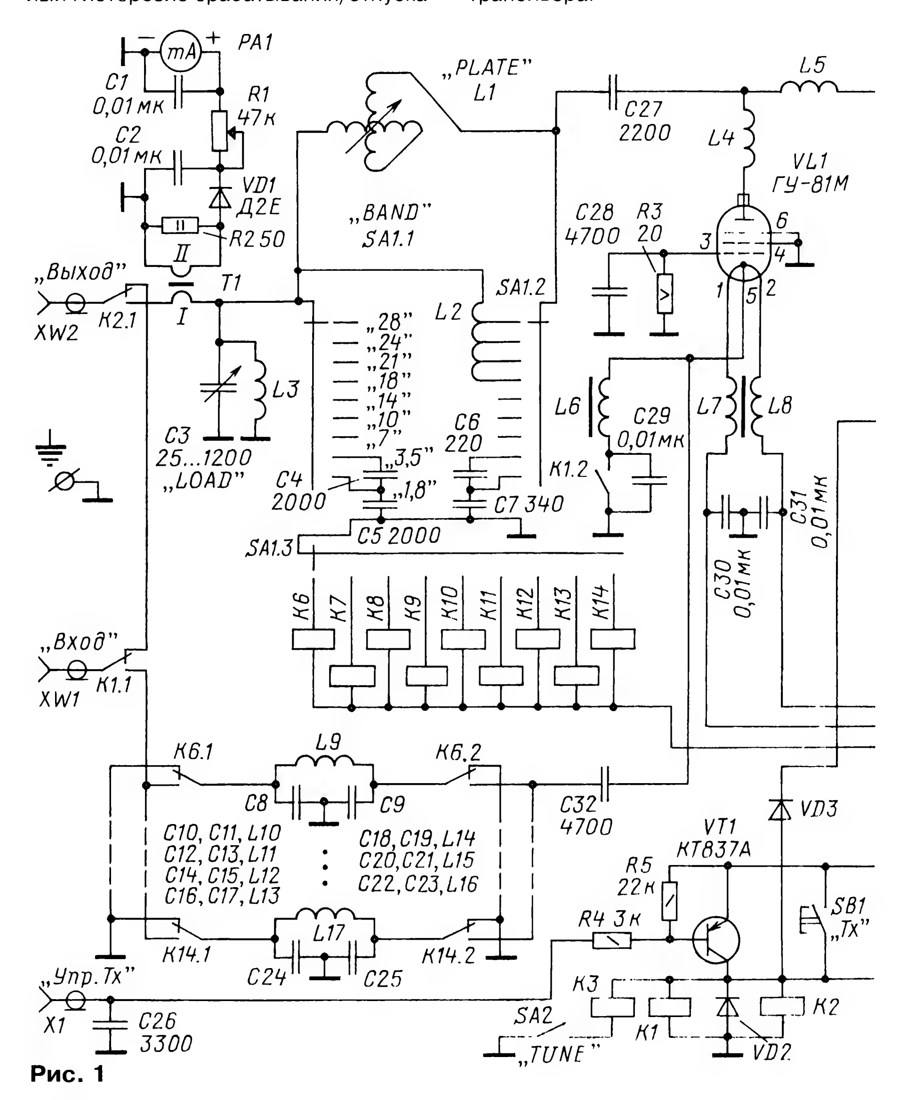
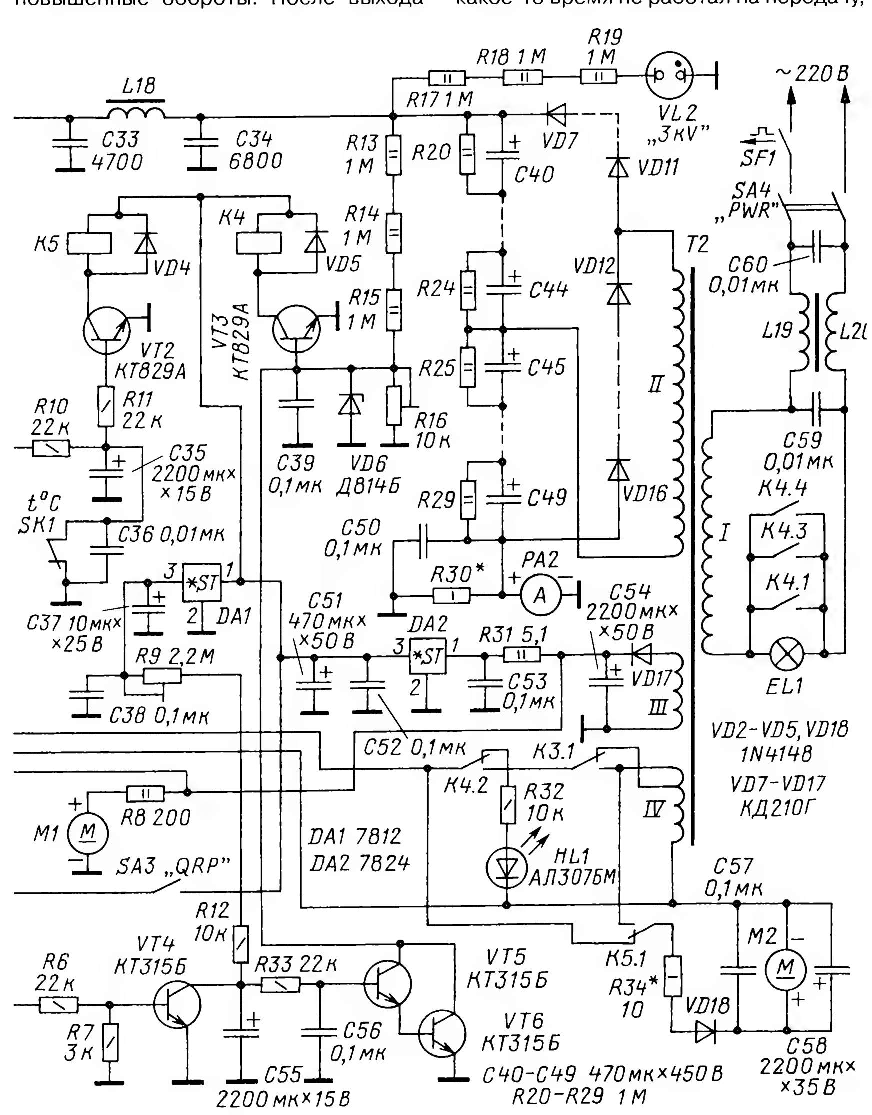


Рис. 1

Вентиляторы M1 и M2 поддерживают температуру УМ, исключающую перегрев элементов усилителя. При пониженном напряжении питания они работают практически бесшумно. В отсеке питания усилителя установлен компьютерный вентилятор M1 (12 В,

0,12 А, диаметр 80 мм), работающий при напряжении 7...8 В. В ламповом отсеке установлен вентилятор М2 размерами 150×150×37 мм на рабочее напряжение 24 В, который питается от цепи накала лампы VL1. В обычном режиме вентилятор работает при пониженном до 8...10 В напряжении питания, а при полной выходной мощности оно повышается до 20...22 В. Управляет работой вентилятора М2 узел на транзисторе VT2. При переходе усилителя в режим "TX" напряжение +24 В с коллектора транзистора VT1 через диод VD3 и резистор R10 поступит на конденсатор C35. Когда температура в ламповом отсеке повысится до 100 °С, термоконтакты SK1 разомкнутся и через 8...10 с конденсатор C35 полностью зарядится. Откроется транзистор VT2, сработает реле K5 и переключит вентилятор М2 на повышенные обороты. После выхода усилителя из активного режима благодаря медленной разрядке конденсатора C35 через базовую цепь транзистор VT2 удерживается в открытом состоянии ещё 1,5...2 мин и работа вентилятора на повышенных оборотах продолжается. Если время передачи менее 8 с, вентилятор работает на пониженных оборотах, не создавая лишнего акустического шума. Резистор R34 подбирают по минимальным оборотам вентилятора, обеспечивающим температурный режим в УМ.



В усилителе применён режим энергосбережения, хорошо зарекомендовавший себя во многих конструкциях автора. Узел управления этим режимом выполнен на транзисторах VT4—VT6. При включении питания усилителя конденсатор C55 заряжается от источника +12 В (DA1) через подстроечный резистор R9 и резистор R12. При каждом включении на передачу с коллектора транзистора VT1 напряжение +24 В поступает на базу транзистора VT4 через делитель на резисторах R6, R7. Транзистор VT4 открывается и разряжает конденсатор C55. Но если усилитель какое-то время не работал на передачу, конденсатор C55 успевает зарядиться полностью (время зарядки определяется резистором R9), открывается составной транзистор VT5, VT6 и замыкает на общий провод цепь базы транзистора VT3. Реле K4 обесточивается, и первичная обмотка трансформатора T2 вновь запитывается через лампу EL1. Усилитель переключится в режим энергосбережения, при котором потребляемый ток и нагрев минимален, а готовность усилителя к работе на полную мощность составляет 1,5...2 с. В режиме ожидания напряжение накала лампы VL1 снижено до 9 В. Для выхода из этого режима достаточно кратковременно нажать на кнопку SB1 "TX" или перевести трансивер в режим передачи, соединив разъём X1 с общим проводом.

Стабилизаторы напряжения на микросхемах DA1 и DA2 служат для питания узлов автоматики и реле. Резистор R31 ограничивает ток при коротком замыкании в цепи +24 В. Высоковольтный выпрямитель построен по схеме удвоения напряжения, которая по своим характеристикам близка к мостовой схеме, но требует в два раза меньшего числа витков анодной обмотки трансформатора.

Трансформатор T1 выполнен на магнитопроводе типоразмера K20×10×7 мм из феррита марки 200—400НН. Вторичная обмотка содержит 27 витков провода ПЭЛШО 0,25. Первичной обмоткой служит провод, проходящий через отверстие кольца и соединяющий контакт реле K2.1 с вариометром L1.

Сетевой трансформатор T2 намотан на тороидальном магнитопроводе от ЛАТР-1М (9 А). Если УМ будет эксплуатироваться в "умеренном" режиме (т. е. без длительной работы в контестах), можно оставить "родную" сетевую обмотку, которая содержит 245 витков провода диаметром 1,2 мм. Если обмотку перематывать, диаметр провода желательно увеличить до 1,5 мм. Ток холостого хода сетевой обмотки должен быть 0,3...0,4 А. Вторичная обмотка (II) содержит 1300 витков провода ПЭВ-2 0,7. Обмотка питания реле (III) содержит 28 витков провода ПЭВ-2 0,7, накальная (IV) — 17 витков провода ПЭВ-2 2 с отводом от 12-го витка.

Усилитель смонтирован в металлическом корпусе размерами 500×300×300 мм. Глубина подвала шасси — 70 мм (**рис. 2**). В подвале (**рис. 3**) размещены платы высоковольтного выпрямителя, управления, стабилизаторов напряжения +12 и +24 В, плата измерителя мощности, сетевой фильтр, плата входных контуров, реле K3—K5, автоматический выключатель SF1 BA47-29 на ток 10 А. Лампа EL1 расположена около выключателя SA4 "PWR" так, чтобы её свечение было видно через прозрачный корпус светодиода HL1 (синего цвета свечения), который установлен на лицевой панели рядом с SA4.

Переключатель SA1 применён от согласующего устройства радиостанции Р-130, который подвергся значительной модернизации: фиксатор переделан на десять положений, добавлена галета для переключения реле входных контуров, добавлен общий посеребрённый токосъёмник толщиной 1,5 мм.

Вариометр L1 — от радиостанции Р-836. Он имеет переключаемые обмотки, а его индуктивность изменяется от 2 до 27 мкГн. Можно применить вариометр от радиостанции Р-140 или Р-118, но они имеют несколько большие габа-

Рис. 2

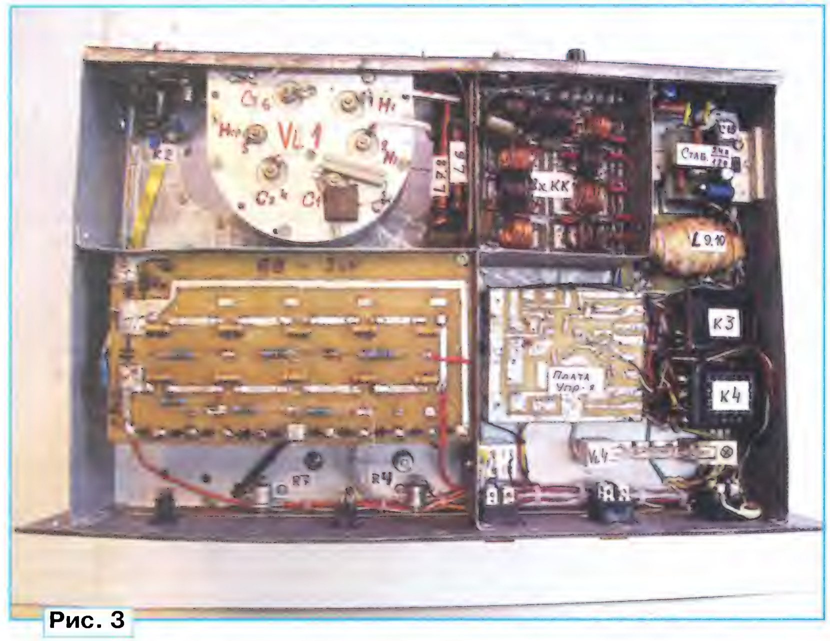


Рис. 3

риты. Катушка L2 намотана медной трубкой диаметром 6 мм на оправке диаметром 60 мм. Она имеет девять витков с отводами от 3, 5 и 7-го витков, считая от верхнего (см. рис. 1) вывода катушки. Дроссель L3 намотан проводом ПЭВ-2 0,25 на керамическом стержне диаметром 8 мм и состоит из четырёх секций по 100 витков. Намотка — типа "универсаль", индуктивность — около 200 мкГн. Антипаразитный дроссель L4 изготовлен из стальной углеродистой пружинной проволоки диаметром 1,3 мм и содержит 5...7 витков, намотанных на оправке диаметром 12 мм. Из этой же проволоки (не разрезая её), как продолжение дросселя, выполнен спиральный пружинный контакт — 7...8 витков на оправке диаметром 18 мм, плотно надеваемый на вывод анода лампы. Обмотка анодного дросселя L5 трёхсекционная — 100, 80 и 60 витков провода ПЭВ-2 0,35. Намотка выполнена виток к витку (между секциями 1,5—2 витка) на керамическом каркасе от резистора ПЭВ-100. Расстояние между секциями — 15 мм. После намотки витки пропитаны клеем БФ2 или лаком МЛ92.

Дроссель L6 содержит 50 витков провода ПЭВ-2 0,7, намотанного виток к витку на стержне диаметром 10 и длиной 80 мм из феррита 1000НН.

Двухобмоточный дроссель L7, L8 содержит 2×27 витков провода ПЭВ-2 1,8, намотанного бифилярно виток к витку на двух сложенных вместе стержневых магнитопроводах диаметром 10 и длиной 100 мм из феррита 600НН.

Катушки L9—L17 — бескаркасные, намотаны проводом ПЭВ-2 на оправке диаметром 18 мм. Все детали входных контуров распаяны со стороны печатных проводников на плате реле. Намоточные данные катушек и номиналы ёмкостей конденсаторов приведены в **таблице**.

Дроссель L18 — ДМ-2,4 индуктивностью 10 мкГн. Сетевой фильтр L19L20 намотан на половине магнитопровода от трансформатора ТВС90 или ТВС110. Намотка — бифилярная проводом МГТФ 1 мм до заполнения.

Термоконтакт SK1 (от электрического кулера или другого нагревательного прибора) с нормально замкнутыми контактами рассчитан на температуру срабатывания 90..100 °С. Он установлен на ламповой панели ГУ-81М. Лампа ГУ-81М установлена в родной панели "подкова" на 30 мм ниже уровня шасси. Получившее распространённое мнение о необходимости "раздевания" ГУ-81М ничего, кроме проблем с нарушением

Диапазон, МГц	Обозначение на схеме	Число витков	Диаметр провода, мм	Ёмкость конденсатора $С_{вх}$, пФ	Ёмкость конденсатора $С_{вых}$, пФ
1.8	L17	27	0,7	1000	820
3.5	L16	17	0,8	470	390
7	L15	14	1,0	140	120
10	L14	11	1,2	180	91
14	L13	10	1,3	100	22
18	L12	8	1,3	82	27
21	L11	7	1,3	56	10
24	L10	6	1,3	33	10
28	L9	5	1,5	56	30

контактов, усложнением крепления лампы и её охлаждения, не принесёт. А "значительное", по утверждению некоторых радиолюбителей-конструкторов, уменьшение ёмкости анод—катод, которое составило 2,8...3 пФ (проверено экспериментально), не окажет на работу УМ существенного влияния.

На лицевой панели УМ размещены органы управления, индикации и контроля (**рис. 4**). Измерительные приборы PA1 и PA2 — М42300. PA1 имеет ток полного отклонения 1 мА, а у PA2 он может быть существенно больше. Этот прибор должен измерять (с учётом шунта R30) ток до 1 А. Шкала прибора PA1 отградуирована непосредственно в ваттах. Индикатор VL2 — импортная неоновая лампа на напряжение 220 В. Лампа EL1 — галогеновая, 150 Вт на 220 В (диаметр 8 и длина 78 мм).

На задней панели усилителя размещены ВЧ-разъёмы, гнездо управления X1 "тюльпан", клемма заземления, сетевой разъём и разъём подключения вентилятора. Все ВЧ-разъёмы, конденсатор C3, клемма заземления, блокировочные конденсаторы и вывод 6 панели лампы ГУ-81М соединены между собой медной шиной сечением 15×0,5 мм.

Реле K1 — РЭН33, K2 — РЭН34, K3 — ТКЕ54, K4 — ТКЕ56, K6—K14 — РЭС9 (паспорт РС4.524.200). Все реле — на номинальное рабочее напряжение 24—27 В.

Конденсатор переменной ёмкости C3 — с зазором 0,8...1 мм, конденсаторы C4—C7, C27 — К15У-1, C33 — КВИ-3. Оксидные конденсаторы C40—C49 — импортные, конденсаторы C35 и C55 должны иметь малый ток утечки. Все блокировочные конденсаторы — КСО, C8—C25 — КТ, КСО. Все постоянные резисторы (кроме R3) — типа МЛТ, R3 — серии SQP-5.

Первичное налаживание усилителя производят при отключённой обмотке II трансформатора T2. Измеряют напряжение накала, напряжения на выходах стабилизаторов, отлаживают работу узлов автоматики, и только убедившись в полной работоспособности этих узлов, переходят к высоковольтным цепям. Вместо высоковольтной обмотки к выпрямителю-удвоителю подключают любой маломощный трансформатор и, подавая на выпрямитель-удвоитель переменное напряжение 100...200 В, проверяют его работоспособность и распределение напряжения на соединённых последовательно оксидных конденсаторах C40—C49. Если всё в норме, подключают, соблюдая меры предосторожности, высоковольтную обмотку. Напряжение ненагруженного выпрямителя может достигать 3000 В.

Ток покоя лампы VL1 должен быть 25...30 мА. Не подключая трансивер, проверяют УМ на отсутствие самовозбуждения в режиме "TX" на всех диапазонах. Далее, подключив трансивер кабелем длиной не более 1,2 м, при отключённом тюнере (если таковой имеется) настраивают входные контуры L9—L17, C8—C25 при включённом на передачу УМ, подавая на его вход сигнал мощностью 10...15 Вт. Настройку производят, начиная с ВЧ-диапазонов, по минимуму КСВ на приборе трансивера. Затем увеличивают входную мощность и сдвиганием/раздвиганием витков этих катушек ещё раз уточняют настройку.

Настройку П-контура также производят при минимальной входной мощности, предварительно подключив к выходу усилителя эквивалент нагрузки 50 Ом достаточной мощности (например, от радиостанции Р-140), и начиная с ВЧ-диапазонов, подбирают положение отводов у катушки L2. Затем переходят к НЧ диапазонам.

Подавление гармоник, измеренное автором с помощью анализатора спектра С4-25 и импортного анализатора 8590A, составило не менее −45 дБ на диапазоне 28 МГц и −55 дБ на НЧ-диапазонах. Анод лампы ГУ-81М при длительной (3...5 мин) работе в режиме CW имел слегка розовый оттенок, что для лампы вполне допустимо. ■

Рис. 4

Как настроить противовесы

Вертикальные излучатели типа GP требуют, как известно, наличия противовесов. На практике их чаще всего делают из кусков проволоки, близких по длине к λ/4 на рабочих частотах антенны. Они находятся близко к поверхности "земли" (почва, крыша здания и т. д.). Расстояние до этой поверхности бывает разным — от чисто символического (например, они просто лежат на крыше) до одного-двух метров.

Естественно, что влияние "земли" на резонансные свойства противовесов и на другие их характеристики сильно зависит от этого расстояния, поэтому их оптимальная длина отличается от теоретического значения λ/4. И главное, величина этого отклонения не поддаётся расчёту, и найти её можно только экспериментально. Иными словами, противовесы надо настроить.

Недавно, в форуме на сайте QRZ.RU, был поднят этот вопрос (**http://forum.qrz.ru/antenny-kv/42963-metodika-nastroyki-radialov-vertikala.html**) — как проще всего это сделать? Среди предложенных участниками этого форума решений было одно очевидное, которое применимо к противовесам, находящимся на некотором расстоянии от "земли". На форуме его озвучил RA9LR (со ссылкой на совет UA9LT).

Обычно число противовесов чётное (минимум два), и расположены они на одной прямой по разные стороны от основания GP. Если к ним подключить коаксиальный кабель, получается низко висящий полуволновый диполь (или INV V, если противовесы слегка наклонены по отношению в "земле"). Такие характеристики, как входное сопротивление или диаграмма направленности этого диполя, нам не интересны. А вот его резонансную частоту легко определить, снимая зависимость КСВ от частоты. Ей будет соответствовать минимум КСВ. Значение КСВ в минимуме заведомо будет заметно отличаться от единицы, поскольку входное сопротивление низко висящего диполя существенно отличается от волнового сопротивления кабеля. Но для нахождения его резонансной частоты это не существенно.

Укорачивая или удлиняя одновременно два настраиваемых противовеса, добиваются минимума КСВ на требуемой частоте. После этого повторяют данную процедуру для следующей пары противовесов.

У многодиапазонного GP противовесы делают на каждый из используемых диапазонов. В этом случае сначала настраивают (также попарно) противовесы на каждый диапазон. Затем их объединяют и при необходимости подстраивают, поскольку не исключено их некоторое взаимное влияние друг на друга.

Эта методика проста и, главное, не требует наличия у радиолюбителя измерительных приборов, более сложных и дорогих по сравнению с обычным измерителем КСВ. ■

Многодиапазонная "полуволновая"...

Борис СТЕПАНОВ (RU3AX), г. Москва

С тех пор как началось освоение коротких волн, у радиолюбителей неизменный интерес вызывают проволочные антенны, длина излучателя которых равна или кратна половине длины волны, а его возбуждение осуществляется с конца излучателя. В англоязычной литературе такие антенны так и называют — EFHW, что расшифровывается как "запитываемая с конца полуволновая" (end fed half wave) антенна. Пожалуй, наиболее известной из них является антенна Фукса, у которой возбуждение излучателя осуществляется посредством дополнительного параллельного колебательного контура, настроенного на рабочую частоту. Многих привлекает то, что по утверждению Фукса она не требует хорошей "земли" или "радиотехнической земли" (противовесов) в отличие от большинства простых антенн (многие проволочные антенны, GP и т. д.). Утверждение это ошибочное, хотя эта антенна действительно оказалась работоспособной без явных противовесов. Просто требования к ним у неё невысокие (не такие, как, например, у GP), и их роль часто выполняет то, что подключено к согласующему контуру (фидер, корпус передатчика).

Хотя EFHW антенна, по сути, многодиапазонная, но у неё сегодня есть и небольшой недостаток — она работает без проблем только на кратных ("старых") КВ-диапазонах. А сейчас уже есть и несколько тех, что в эту сетку не попадают. Второй недостаток — это то, что на разных диапазонах такие антенны с неизменной электрической длиной излучателя имеют различные диаграммы направленности на различных диапазонах. Но этот недостаток есть абсолютно у всех подобных антенн, начиная с WINDOM. Однако на это всегда "закрывают глаза", поскольку в реальных городских условиях установить и одну проволочную антенну не всегда возможно.

Выходное сопротивление современных трансиверов и передатчиков низкое (обычно 50 Ом), а это значит, что для возбуждения полуволновой антенны, у которой высокое входное сопротивление (до нескольких килоом), необходимо согласующее устройство. Это могут быть и параллельный колебательный контур, как в антенне Фукса, и различные LC-цепи. Недостаток таких согласующих устройств в многодиапазонной антенне — необходимость переключений и подстроек при переходе с диапазона на диапазон.

Широкополосные высокочастотные трансформаторы на магнитопроводах из феррита уже давно применяются в транзисторных усилителях, в частности, в широкополосных усилителях мощности. Поэтому не стоит удивляться, что возникла идея запитать с конца полуволновый излучатель через такой трансформатор. Выигрыш понятен — при смене диапазонов не потребуются переключений в согласующем устройстве.

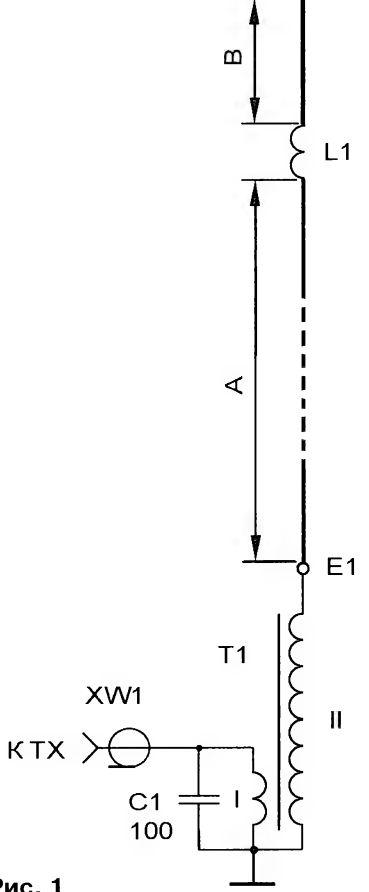


Рис. 1

Один из вариантов подобной антенны был предложен голландским коротковолновиком PD7MAA [1]. Он использовал её для работы в полевых условиях, но она подходит и как стационарная в городе. Ведь многие коротковолновики вынуждены ограничивать своё "антенное хозяйство" проволочной антенной, выходящей из окна квартиры на близлежащий столб или дерево.

Он реализовал два варианта антенны — одну на диапазоны 80, 40, 20, 15 и 10 метров, а другую — на диапазоны 40, 20 и 10 метров. Они отличаются только исполнением излучателя. Вариант антенны на 40, 20 и 10 метров и её согласующего устройства приведён на **рис. 1**. Для неё A=10,1 м, B=1,85 м.

Её излучатель образован полуволновым (для диапазона 20 метров) отрезком провода, катушкой индуктивности L1 и подключённым после этой катушки сравнительно коротким отрезком провода. Индуктивность катушки L1 выбрана такой (34 мкГн), что вместе со вторым отрезком провода электрическая длина излучателя близка к половине длины волны на диапазоне 40 метров. На диапазонах 20 и 10 метров эта катушка индуктивности работает как дроссель, практически "отсекающий" дополнительный отрезок от основной части излучателя, и его длина становится равной половине длины волны на диапазоне 20 метров и одной длине волны на диапазоне 10 метров. В результате на всех трёх диапазонах к согласующему устройству подключаются "полуволновые" излучатели. Распределение токов по излучателю для этих диапазонов приведено на **рис. 2**.

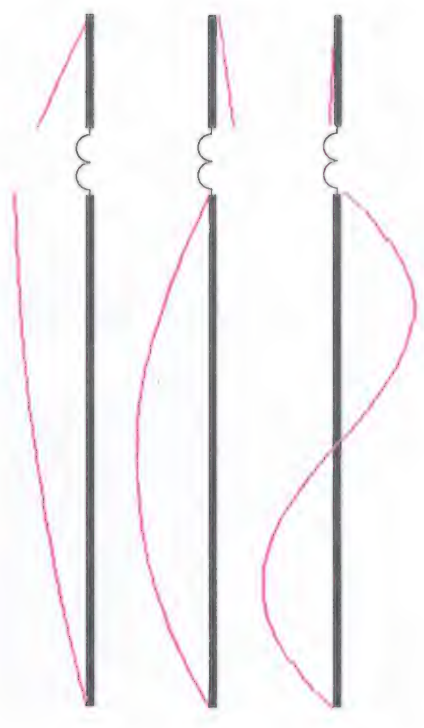


Рис. 2

Катушка индуктивности L1 намотана на пластиковом каркасе диаметром 19 мм и имеет 90 витков провода диаметром 1 мм.

Согласующее устройство получилось предельно простое — широкополосный ВЧ-трансформатор T1 и корректирующий конденсатор C1. Оно размещается в небольшой пластмассовой коробке (**рис. 3**). Трансформатор выполнен на магнитопроводе FT140-43 фирмы Amindon. Первичная его обмотка — 2 витка, вторичная — 16 витков. Обмотки намотаны проводом диаметром 1 мм.

Вторичная обмотка, как это видно на рис. 3, разделена на две разнесённые по кольцу части по 8 витков каждая. Особенность в конструкции этого трансформатора — это то, что провод первичной обмотки и провод первых двух витков вторичной обмотки (нижних по рис. 3) перевиты между собой. Это также хорошо видно на рис. 3. Конденсатор C1 служит для коррекции частотной характеристики согласующего устройства на диапазоне 28 МГц (10 метров). Его ёмкость может быть в пределах 100...150 пФ. Он должен быть рассчитан на номинальное напряжение 1000 В.

На корпусе согласующего устройства установлены коаксиальный ВЧ-разъём XW1 для подключения кабеля, идущего от трансивера, и клемма E1 для подключения излучателя антенны.

Это согласующее устройство рассчитано на мощность трансивера примерно 100 Вт.

Другой вариант антенны PD7MAA, предназначенный для работы на диапазонах 80, 40, 20, 15 и 10 метров, отличается лишь размерами излучателя и индуктивностью катушки L1. Для него размеры A=20,35 м и B=2,39 м, а катушка имеет индуктивность 110 мкГн. Её также наматывают на каркасе диаметром 19 мм — 260 витков провода диаметром 1 мм.

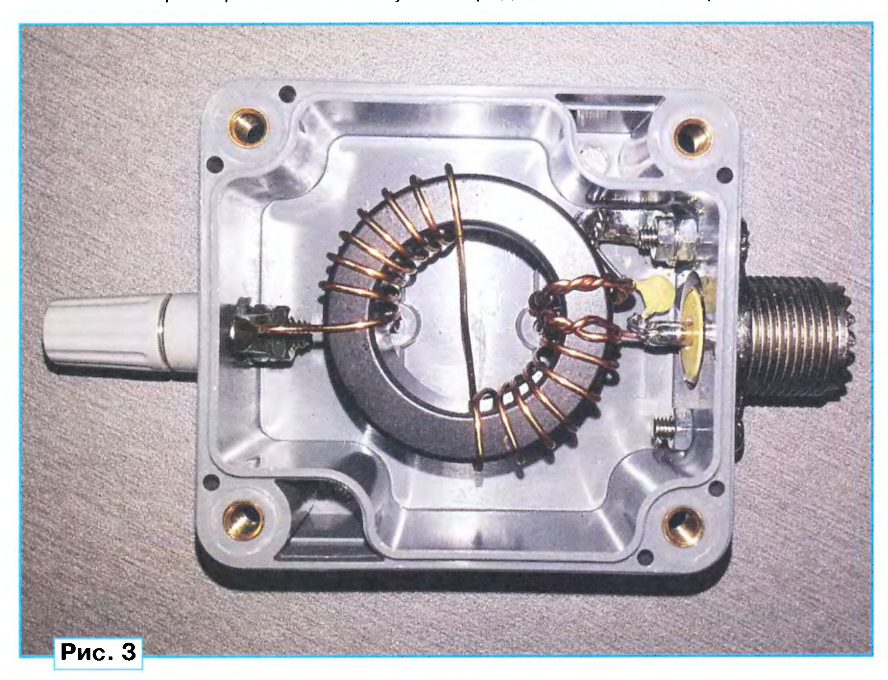


Рис. 3

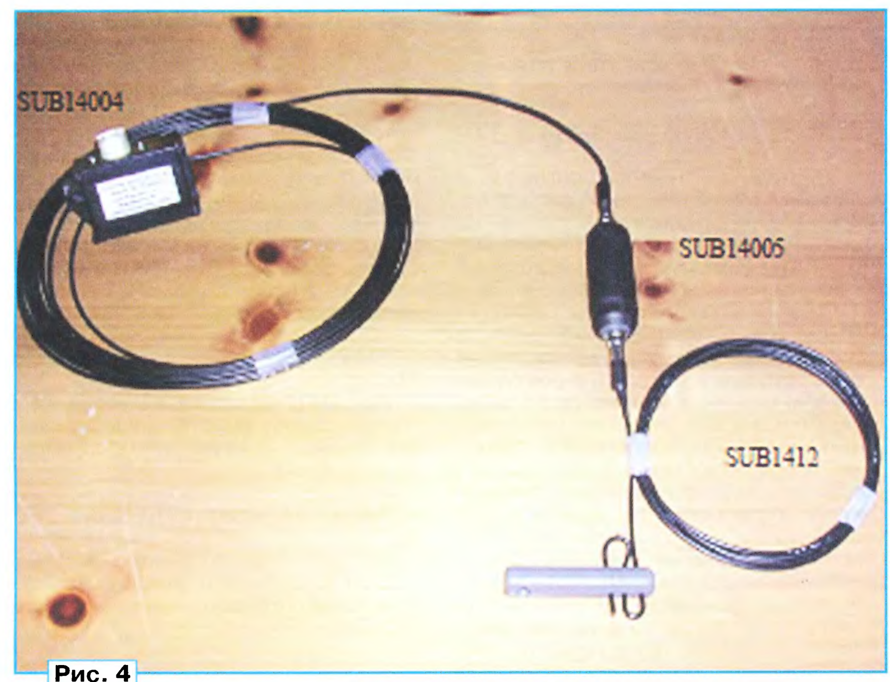


Рис. 4

На фидер у трансивера надо установить кабельный дроссель (надеть, например, ферритовую "защёлку"), а к согласующему устройству желательно подключить короткие противовесы. Их длина некритична — для антенны Фукса в литературе рекомендуется длина примерно 0,05λ.

Настройку излучателя у обоих вариантов антенны начинают с высокочастотных диапазонов. Катушка индуктивности L1 не является хорошим "режектором" (трапом, как в антенне типа W3DZZ), поэтому второй отрезок излучателя (B) может немного влиять на резонансную частоту излучателя. Соответственно может потребоваться некоторая коррекция её индуктивности. На самом низкочастотном диапазоне настройка сводится к подбору длины отрезка B, чтобы электрическая длина излучателя (его резонансная частота) на этом диапазоне (40 или 80 метров соответственно) была близка к "полволны".

Американская фирма PAR Electronics выпускает несколько антенн подобного типа, в том числе и антенну под названием EF-10/20/40 MKII на диапазоны 40, 20 и 10 метров [2]. Интересные данные её испытаний есть в Интернете [3, 4]. Эта антенна имеет согласующее устройство, рассчитанное на меньшую допустимую мощность (25 Вт), но в остальном очень близка к антенне PD7MAA. На **рис. 4** приведена фотография набора для установки этой антенны.

По данным фирмы, полоса её пропускания на диапазоне 20 метров по уровню КСВ=1,5 примерно 500 кГц. На диапазоне 40 метров она около 140 кГц по уровню КСВ=2, а на диапазоне 10 метров — около 900 кГц по уровню КСВ=1,5. Эти данные соответствуют фидеру с волновым сопротивлением 50 Ом. Иными словами, это очень приличные значения по полосе пропускания для простой многодиапазонной антенны.

В описании антенны приведены данные, которые могут быть полезны при настройке антенны PD7MAA. Изменение длины основной части излучателя и дополнительного его отрезка (A и B на рис. 1) на 1 дюйм (2,5 см) приводит к сдвигу полосы пропускания на 30...35 кГц.

ЛИТЕРАТУРА

1. PD7MAA homepage. — URL: **http://pa-11019.blogspot.ie** (17.07.15).

2. HF END-FEDZ. — URL: **http://www.parelectronics.com/end-fedz.php** (17.07.15).

3. LNR Precision EF-10/20/40 MKII examination. — URL: **http://www.hamradio.me/antennas/lnr-precision-ef-102040mkii-examination.html** (17.07.15).

4. LNR Precision EF 10/20/40 MKII test data. — URL: **http://www.hamradio.me/antennas/lnr-precision-ef-102040mkii-test-data.html** (17.07.15).

НАША КОНСУЛЬТАЦИЯ

ЛОХНИ Х. Доработка радиоприёмника TECSUN S-2000. — Радио, 2014, № 9—12; 2015, № 1—8.

В процессе публикации цикла статей о доработке приёмника TECSUN S-2000 были выявлены некоторые ошибки, неточности или недосказанные моменты, кроме того, за год появились новые взгляды на проблемы и их решения.

Часть 1 ("Радио", 2014, № 9, с. 15—18).

На рис. 1.2 надо добавить ещё одну линию связи. Сигнал AIR идёт от блока УКВ ЧМ (A3) на блок ВЧ AM/SSB (A4) через диодный коммутатор.

Часть 2 ("Радио", 2014, № 10, с. 16—21).

На рис. 2.1. номера выходов стереодекодера (U8), входящего в состав микросхемы TA2057: R — вывод 13, L — вывод 12.

На месте рис. 2.2 ошибочно показан рис. 2.3. Правильный вариант **рис. 2.2** приведён ниже.

На рис. 2.15:

— обозначения резисторов 1R65 и 1R66 поменять местами;

— поменять местами сигналы, поступающие на выводы 6 и 7 микросхемы TDA2822 (DA2);

— в версии приёмника 2011 г. поменяли местами элементы RC-цепей R3C3 и R5C4 — к входам ОУ подключены не конденсаторы, а резисторы. В схеме мы сделали свою нумерацию, и это оказалось верным решением, так как TECSUN в разных версиях тоже поменяет постепенно нумерацию элементов;

— в приёмниках выпуска после 2011 г. может появиться новый стабилизатор напряжения 4 В (корпус SOT23-5). В таком виде он больше нагревается и создаёт проблемы при более высоком напряжении питания, при напряжении 6 В на нём рассеивается до 250 мВт (приём в диапазоне КВ)!

На плате № 1 (см. рис. 2.1) имеется путаница в разводке сигналов L и R от микросхемы TA2057 до штекера XS3. По пути они перекрещены, поэтому сигналы от TA2057 с правильными надписями на контрольных точках поступают к УМЗЧ перепутанными. Причём надписи у гнезда XS3 правильные по отношению к выходу УМЗЧ. Следовательно, заводскую топологию платы № 1 надо доработать! На плате № 1 делают разрезы двух печатных проводников, по которым идут эти сигналы, и устанавливают две проволочные перемычки. Самый простой способ без паяльника — в шлейфе между платами № 1 и № 5 переставить соответствующие контакты.

Часть 3 ("Радио", 2014, № 11, с. 11—16).

На сайте журнала выложена схема калибровочного генератора в авторском варианте, с помощью которой удобнее разработать печатную плату.

Часть 4 ("Радио", 2014, № 12, с. 11—16).

На сайте журнала выложена схема ГКЧ в авторском варианте, с помощью которой удобнее разработать печатную плату.

Часть 5 ("Радио", 2015, № 1, с. 12—18).

На рис. 5.12 (и на рис. 6.3 в части 6) в смесителе U10 (судя по измерениям и документации) сигнал генератора 55390 кГц поступает на базы транзисторов, а сигнал с усилителя A14 — на их эмиттеры.

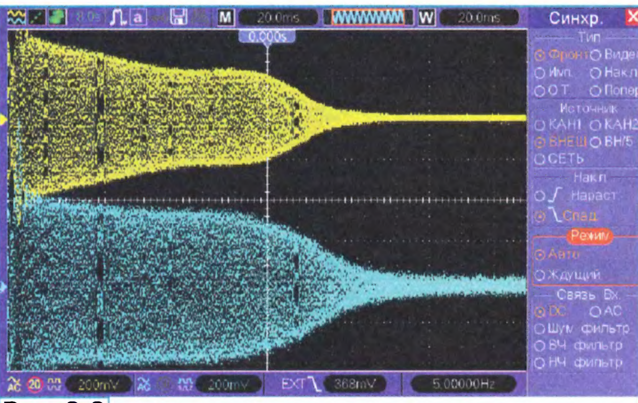


Рис. 2.2

Часть 6 ("Радио", 2015, № 2, с. 13—18).

Диаграммы уровней сигналов в приёмнике в печати получились с искажёнными цветами. На сайте редакции выложены оригинальные диаграммы с дополнительными комментариями.

Переделка трансформатора 1T1 может оказаться проблематичной. Причин может быть несколько, и надо быть готовым к тому, что с доступными вам материалами это не получится. Поэтому предлагается проверенный способ, как справиться с "плохими" индуктивностями. Состоится он в том, что экспериментально определяем индуктивность, при которой образуется необходимое резонансное сопротивление (не менее 8 кОм, желательно 12 кОм). Но если потребуется увеличить индуктивность этого трансформатора до 150 мкГн, стоит на самом деле поискать ему альтернативу, так как настроить АЧХ пьезофильтра будет затруднительно.

Сначала изготавливают трансформатор 1T1 и проводят его измерения в соответствии с рис. 6.13. Если в процессе измерений вместо предполагаемого сопротивления 12 кОм получено 6 кОм, следовательно, на половине обмотки будет импеданс 6/4 = 1,5 кОм. Можно либо увеличить индуктивность, либо сделать отвод ближе к "горячему" концу. Если отвод был ранее сделан от 17-го витка (посередине из 34-х), теперь он должен быть от 20-го витка. Контурный конденсатор останется прежним (C2 = = 3,3 нФ на рис. 6.3).

Если использовать тот же каркас и оставить отвод посередине, число витков должно быть 20+20. Индуктивность возрастёт с 37 примерно до 51 мкГн и ёмкость конденсатора C2 = 2,4 нФ.

Вариант с отводом посередине предпочтительней, потому что лучше сочетаются усиление и линейность.

Часть 7 ("Радио", 2015, № 3, с. 21—28, 34).

На с. 23 (3-я колонка, 2-й абзац, 3-я строка снизу) вместо ...100 В/м... следует читать ...100 кВ/м... .

На с. 25 (2-я колонка, 4-я строка снизу) вместо ...PL-660... следует читать ...PL-600... .

Дополнительные комментарии к разделу "Разновидности фильтров серий CFW и CFU" (с. 28).

1. Фильтры с индексом -HT часто имеют повышенную неравномерность в верхней части полосы пропускания до 6 дБ, что формально (по паспорту) не считается дефектом. Эти фильтры я не применяю.

2. В самом конце раздела немного исказился смысл. Как раз выбор фильтров CFU фильтра надо считать удачным, так как с ним на производстве всё получилось предсказуемо. Но это не значит, что это привело к высоким параметрам приёмника. Эквивалент этого фильтра — LC-фильтр на четырёх контурах. Наш приёмник должен был бы иметь лучший фильтр. А фильтру CFW вряд ли быстро найдётся замена с нужными фактическими(!) параметрами.

Часть 8 ("Радио", 2015, № 4, с. 16—24).

На с. 21 (1-я колонка, 2-й абзац, 14-я строка сверху) вместо ...сопротивление канала... следует читать ... импеданс на истоке... .

Часть 10 ("Радио", 2015, № 6, с. 21—28).

На сайте журнала выложен вариант рис. 10.1, чтобы его можно рассмотреть более подробно.

***Примечание редакции**. Все упомянутые в статье, а также дополнительные материалы находятся по адресу **ftp://ftp.radio.ru/pub/2015/09/s2000-13.zip** на нашем FTP-сервере.*

РАДИО®

E-mail: consult@radio.ru тел. 607-89-00

РОБОСТАНЦИЯ

http://робостанция.рф/

Робот FANUC M-710 показывает текущее время.

Робот Йоша.

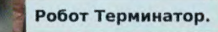
Робот-артист.

Робот Дживко.

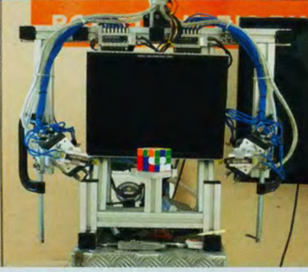
Робот Пушкин.

Робот Бакстер.

Робот-флейта.



Робот Терминатор.



Патрик собирает кубик Рубика.

Робот-смузи.

Роботы танцоры и их воспитательница.

Уважаемые читатели!

Продолжается подписка на бумажную версию журнала «РАДИО» на первое полугодие 2016 г. Подписная цена одного номера журнала «РАДИО» по каталогу Агентства «Роспечать» — 150 рублей.

Подписные индексы: Каталог Агентства «Роспечать» — 70772; Объединённый каталог «Пресса России» — 89032; Каталог Российской прессы «Почта России» — 61972.

В РЕДАКЦИИ ЖУРНАЛА «РАДИО» МОЖНО ПРИОБРЕСТИ ЖУРНАЛЫ

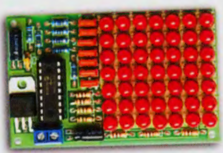
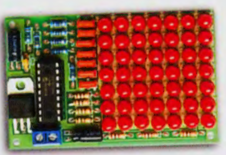
Год выпуска	Номер журнала	Стоимость одного номера в редакции	Стоимость одного номера с пересылкой	
			в Россию	в остальные страны
2010	1—12	25 руб.	81 руб.	95 руб.
2011	1—12	45 руб.	101 руб.	115 руб.
2012	1—12	80 руб.	136 руб.	145 руб.
2013	1—12	95 руб.	161 руб.	170 руб.
2014	1—12	110 руб.	176 руб.	185 руб.
2015	1—6	125 руб.	191 руб.	205 руб.
2015	7—12	135 руб.	201 руб.	215 руб.

Деньги за интересующие вас журналы необходимо отправить почтовым или банковским переводом на расчётный счёт:
Получатель ЗАО "Журнал "Радио".
ИНН 7708023424,
р/с 40702810438090103159,
в ОАО "Сбербанк России" г. Москва,
к/с 30101810400000000225,
БИК 044525225.
Только при почтовом переводе указывайте почтовый индекс банка — 101000.
При переводе обязательно укажите, за что вы переводите деньги и свой точный почтовый адрес с почтовым индексом. После того как деньги поступят на наш расчётный счёт, мы отправим ваш заказ.

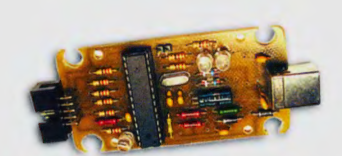
Подписка на электронный журнал "Радио" с доставкой по электронной почте на 2015-й, 2016 годы, а также 2012-й, 2013-й, 2014 годы. Цена не изменилась: 12 месяцев — 600 рублей! На сайте http://el.radio.ru вы можете узнать как подписаться.

НАБОРЫ ЖУРНАЛА "РАДИО"

http://kits.radio.ru

«Автомат световых эффектов на микроконтроллере».

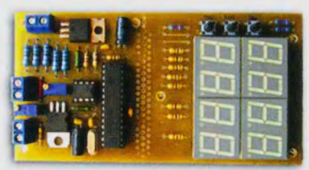


«USB программатор микроконтроллеров AVR и AT89S, совместимый с AVR910».

«Программируемый терморегулятор для системы отопления».

«Двухтактный оконечный усилитель на 6Н23П и 6П43П».

«Блок зажигания — регулятор угла ОЗ на микроконтроллере PIC16F676».



«Усовершенствованное цифровое устройство защиты с функцией измерения».